Béla Kobulniczky

Analiza probabilității de manifestare a hazardelor hidrice

Studii de caz: bazinul superior al râului Ilișua și secțiuni inundabile ale U.A.T. Târlișua, județul Bistrița-Năsăud



Presa Universitară Clujeană

Béla Kobulniczky

Analiza probabilității de manifestare a hazardelor hidrice

Studii de caz: bazinul superior al râului Ilișua și secțiuni inundabile ale U.A.T. Târlișua, județul Bistrița-Năsăud

Béla Kobulniczky

Analiza probabilității de manifestare a hazardelor hidrice

Studii de caz: bazinul superior al râului Ilișua și secțiuni inundabile ale U.A.T. Târlișua, județul Bistrița-Năsăud

Presa Universitară Clujeană

2021

Referenți științifici:

Conf. dr. ing. Ioan Rus

Conf. dr. Gheorghe Șerban

ISBN 978-606-37-1089-6

Universitatea Babeş-Bolyai
Presa Universitară Clujeană
Director: Codruța Săcelean
Str. Hasdeu nr. 51
400371 Cluj-Napoca, România
Tel./Fax: (+40)-264-597.401
E-mail: editura@ubbcluj.ro
http://www.editura.ubbcluj.ro/

CUPRINS

Lista figurilor

Lista tabelelor

CAPITOLUL 1 – INTRODUCERE ȘI CONTEXTUL CERCETĂRII

Această cercetare dorește șă evidențieze elemente de factură probabilistică și deterministă. Studiul se bazează pe analiza spațială a probabilității de manifestare a hazardelor hidrice realizată cu ajutorul programelor de modelare spațială. Este importantă realizarea unei astfel de analize la nivel de bazin, deoarece evidențiază și aportul altor cursuri de apă în conturarea unui scenariu favorabil declanșării inundațiilor.

Motivul pentru care am ales să abordez acest subiect, este legat de faptul că doresc să realizez un studiu detaliat în ceea ce privește manifestarea hazardelor hidrice. Existența unor astfel de studii pot facilita demersurile autorităților locale, privind prevenirea manifestărilor de acest tip, prin creșterea gradului de conștientizare al populației datorită campaniilor de informare, precum și reziliența acestora în fața unui posibil dezastru.

Astfel, oamenii trebuie să înțeleagă unde să își amenajeze spațiul de locuit, anexele gospodărești și alte spații destinate locuirii, normativele existente în ceea ce privește distanța față de un curs de apă, existența eroziunii solului pe malurile râului, importanța vegetației ca și factor de stabilizare al malurilor, precum și protejarea acestora prin diminuarea reciclării deșeurilor casnice sau de oricare altă factură, care ar amplifica poluarea râului respectiv.

În cadrul acestui studiu vor fi evidențiate mai multe tipuri de hazarde hidrice, ce se pot manifesta în anumite condiții generate de diverși factori. Printre acestea vor fi menționate inundațiile, viiturile, torențialitățile, precum și factori care influențează eroziunea solului.

Inundațiile reprezintă fenomene naturale de risc care variază în intensitate, cauzează pierderi economice și umane, ca urmare a interacțiunii dintre componentele naturale și antropice, care influențează manifestarea unor astfel de evenimente **(Popa și colab., 2019).** În generarea inundațiilor ca și factori determinanți se încadrează schimbarea modului de utilizare al terenului, precum și impactul schimbărilor climatice asupra mediului **(Bronstert, 2003; Dang, Kumar, 2017; Kjeldsen, 2010)**. În contextul schimbărilor climatice, în ultimii ani se observă o tendință crescătoare în ceea ce privește temperatura aerului, fapt remarcat la nivelul Europei **(IPCC, 2014)**, de asemenea precipitațiile spre deosebire de temperatura aerului, prezintă oscilații destul de mari **(Didovets și colab., 2019)**, astfel cei doi indicatori se află într-o vizibilă neconcordanță. Modul de utilizare al terenului și practicile exercitate asupra acestuia, au un rol important în declanșarea inundațiilor, fapt demonstrat în cazul unei utilizări inadecvate, dar prezintă și un aspect pozitiv, prin faptul că diminuează efectele generate de inundații prin reducerea scurgerii și prin gestionarea corectă a terenurilor **(Novelo-Casanova, Rodriguez-Vangort, 2016)**.

Schimbările climatice au facilitat modificarea tipului de precipitații, astfel se face o trecere evidentă de la precipitațiile de lungă durată și de intensitate mai scăzută la precipitații de scurtă durată cu intensități ridicate, care conduc la formarea rapidă a inundațiilor dar și la creșterea capacității de permeabilitate a solului **(Tehrany și colab., 2019)**, datorată infiltrațiilor cauzate de precipitații, precum și de friabilitatea componentelor pedologice.

Din punct de vedere al modului de prognozare a inundațiilor, se remarcă în continuare un grad de dificultate destul de ridicat **(Vojtek, Vojtekova, 2019)**, deoarece schimbările periodice ale valorilor anumitor indicatori, care influențează direct formarea inundațiilor sunt tot mai evidente și cu timpul vor deveni ireversibile dacă nu vom reuși să reducem cantitățile de emisii de dioxid de carbon, ce sunt degajate în atmosferă.

În ceea ce privește hazardele hidrice, pe lângă inundații se mai remarcă viiturile. Viiturile generează o serie de hazarde secundare, care pot provoca daune foarte mari din mai multe puncte de vedere, printre acestea se dezvoltă cel mai frecvent alunecările de teren, eroziunea solului, precum și formarea craterelor de mare adâncime în cadrul rețelelor de drumuri **(Cao și colab., 2016)**.

Din punct de vedere al cadrului legislativ, râurile din Europa sunt analizate în conformitate cu Directiva Europeană pentru Inundații nr.60/2007, și cu Directiva 94/2008 a Consiliului Europei și a Parlamentului European, publicată în jurnalul oficial al Uniunii Europene, iar tehnicile ce țin de statistică, hidraulică, precum și analiza spațială în GIS, sunt utilizate pentru cartografierea hazardelor și a inundațiilor **(Barredo și colab., 2007; Paprotny și colab., 2017; Massazza și colab., 2019)**.

Realizarea modelelor de predictibilitate a inundațiilor încearcă să diminueze pe cât de mult posibil efectele generate de manifestarea severă a hazardelor hidrice (**Pradhan, 2009**). În ceea ce privește determinarea hazardului la inundații, s-a recurs la modelarea benzii de inundabilitate în HEC RAS **(Aryal și colab., 2020; Nones și colab., 2020, Sarchani și colab., 2020; Kuntiyawichai și colab., 2020; Papaioannou și colab., 2019)**, de asemenea se utilizează modelul ratei de frecvență din care se desprind doi indicatori de potențialitate a hazardelor hidrice cum ar fi *Flash Flood Potential Index (FFPI) și Flood Potential Index (FPI)* **(Popa și Diaconu, 2019; Jeleapov, 2018; Zaharia și colab., 2017)**.

CAPITOLUL 2 - LOCALIZAREA AREALULUI DE STUDIU ȘI ISTORICUL CERCETĂRILOR

Bazinul superior al râului Ilișua este dispus de la izvor până la confluența celor două cursuri de apă (Ilișua și Strâmba), continuându-se spre centrul localității Târlișua (Fig.1). Motivul pentru care am ales acest sector este reprezentat de faptul că la inundațiile din iunie 2006, excedentul hidric s-a acumulat de pe afluenții râului Ilișua, care au generat ulterior inundații de mare amploare în cadrul intravilanelor aflate în apropiere. Din punct de vedere administrativ, cuprinde unitatea administrativ-teritorială Târlișua cu localitățile aferente (Șendroaia, Cireași, Oarzina, Lunca Sătească și Târlișua).

În ceea ce privește istoricul cercetărilor, sunt consemnate mai multe abordări în ceea ce privește inundațiile care au avut loc in zonă. Astfel, o serie de cercetări fac referire la inundațiile din iunie 2006 în ceea ce privește efectele post-dezastru (Arghiuș și colab., 2013; Pisleaga și Bădăluță-Minda, 2016, Șerban și colab., 2010), precum și modul de determinare a riscului la inundații pe baza hărților de hazard (Crăciun, 2018). De asemenea, unii autori menționează cauzele generate de situația sinoptică a zilei de 20 iunie 2006 (Hognogi și colab., 2011) dar și alte hazarde hidrice din iunie 2012 (Șerban și colab., 2012).

Fenomenele de risc extreme care s-au manifestat în zonă sunt menționate în documentele de analiză a riscurilor din cadrul strategiei de dezvoltare a județului, astfel sunt consemnate inundații începând cu 1991 până în 2002 (Planul de analiză și acoperire a riscurilor din județul Bistrița-Năsăud, 2005), iar în cazul celor din 1970, acestea sunt menționate într-un proiect adresat Administrației Naționale “Apele Române” (Amenajare valea Ilișua aval confluență cu Strâmba, județul Bistrița-Năsăud, 2018). Această statistică evidențiază gospodăriile afectate, suprafețele de terenuri agricole afectate, podurile și podețele afectate și rețelele de drumuri afectate (Tabelul 1).

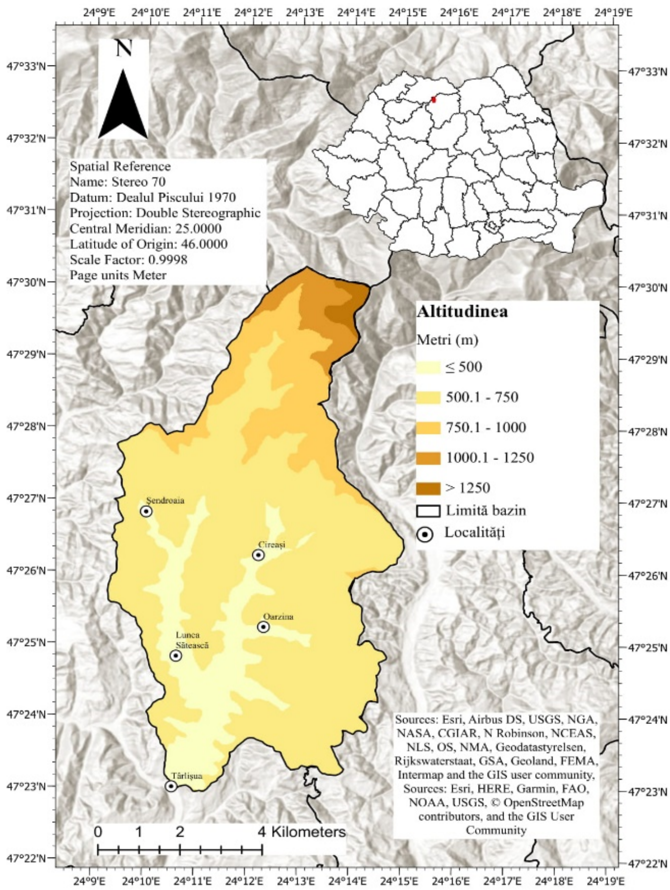


Fig.1 Localizarea arealului de studiu

În ceea ce privește situația înregistrată la stația hidrometrică Cristeștii Ciceului, s-au consemnat debitul istoric pe 21.06.2006 de 212 m3/s și cantitatea de precipitații în 24 de ore a fost de 61 l/m2, la data de 20.06.2006.

Perioada	**Localitatea**	**Gospodării**	**Teren agricol (ha)**	**Poduri și podețe**	**Drumuri**
1970	Târlișua	16	438.71	8	6.5 km
19-20.05.1991	Târlișua	-	15	-	-
15-20.06.1998	Târlișua	-	-	-	DF= 0.3 km
03-06.03.2001	Târlișua	1	48	2	DF= 4.3 km, DC= 3.5 km, DJ= 2 km
31.12.2002	Târlișua	3	-	-	-
Total		**20**	**501.71**	**10**	**16.6 km**

Tabelul 1. Pagubele consemnate după inundațiile care s-au manifestat între 1970 și 2002

Referitor la pagube, a existat un memoriu al unei persoane, și va fi păstrată confidențialitatea acesteia, unde aceasta reclama modul de gestionare al autorităților în ceea ce privește ajutorul acordat persoanelor afectate de inundația din 20 iunie 2006, precum și încadrarea greșită a gospodăriilor afectate la prima evaluare a situației, după cum urmează: “6 case avariate care de fapt nu prezentau siguranță pentru a fi locuite” , dintre care cinci din Târlișua și una din Lunca Sătească, “11 case considerate distruse, care erau doar avariate”, dintre care opt în Târlișua, una în Cireași, iar două nu intră în arealul nostru de studiu (Răcăteșu și Borleasa), “3 case grav avariate”, dintre care două în Târlișua și una în Cireași, “ 3 case apreciate distruse la prima evaluare de petentă”, toate cele trei fiind în Târlișua (Memoriu adresat Ministerului Internelor și Reformelor Administrative, 2008).

La inundațiile din 20 iunie 2006 au fost consemnate “13 decese și 23 de localități au fost afectate din cauza viiturilor, au fost afectate peste 581 de gospodării, o școală, un dispensar, o sală de sport, o biserică și o primărie”[1].

În ceea ce privește formarea și evoluția inundațiilor din acea zi, este menționat faptul că aportul mare de apă a fost adus de pe afluenți, mai exact de pe Izvorul Țibleșului (peste 200 m^3/s, conform INHGA), care au afectat puternic cătunele Cireași, Uleasa, Lunca Sătească și Târlișua[2]. Conform aceleași surse, pe baza inundațiilor care au avut loc în zonă în ultimii 130 de ani, s-a stabilit modul de producere și evoluția viiturii în comuna Târlișua, după cum urmează: “în săptămânile anterioare s-a înregistrat o instabilitate atmosferică accentuată, înregistrându-se cantități însemnate de precipitații cu valori cuprinse între 50 și 53 l/mp”.

În ziua de 20 iunie 2006 s-au înregistrat cantități foarte mari de precipitații, care au suprasaturat solul, generând alunecări de teren de mare amploare care au favorizat transportul de masă lemnoasă până în centrul comunei Târlișua, unde s-a format un baraj de câțiva metri înălțime.

Referitor la inundațiile din 20 iunie 2006, pe baza surselor existente, atașez mai multe fotografii surprinse în momentul desfășurării viiturii, după încheierea acesteia, precum și pagubele produse.

---

[1] https://www.bistriteanul.ro/foto-zeci-de-localitati-scapa-de-inundatii-afla-cum/
[2] https://comuna-tarlisua.webs.com/inundatiile-din-tarlisua



Fig.2 Viitura din 20 iunie 2006 (foto: Gheorghe Hognogi, 2006)



Fig. 3 Barajul format de masa lemnoasă depusă în centrul comunei Târlişua

Sursă: https://www.tajurn.ro/tarlisua-n-a-mai-fost-niciodata-la-fel-dupa-dezastrul-de-acum-12-ani.html



Fig. 4 Sala de sport afectată din Târlișua

Sursă: https://www.tajurn.ro/tarlisua-n-a-mai-fost-niciodata-la-fel-dupa-dezastrul-de-acum-12-ani.html

În urma cercetării de teren efectuată în vara anului trecut, am remarcat faptul că urmele inundațiilor se văd după mai bine de 13 ani. Am observat faptul că pe unele case și anexe gospodărești încă se vede nivelul apei din ziua viiturii istorice, chiar dacă localnicii și-au reconsolidat structura locuinței (Fig.5), însă unele nu au mai putut fi reparate după inundații (Fig.6), iar cu linia roșie am marcat nivelul până la care a ajuns apa în casele din vecinătatea malurilor și nu numai.



Fig.5 Nivelul apei observat pe o casă de pe malul stâng al râului Ilișua în localitatea Târlișua (foto: Béla Kobulniczky, 5 August 2019)



Fig. 6 Nivelul apei observat pe o casă pe malul stâng al râului Ilișua la confluență cu pârâul Strâmba în localitatea Târlișua (foto: Béla Kobulniczky, 5 August 2019)

Pentru asigurarea unei stabilități cât mai eficiente a malurilor și pentru consolidarea drumului, s-a recurs la construirea unui pod care să protejeze cât se poate locuințele de o posibilă revărsare a Ilișuei (Fig.7).



Fig.7 Podul construit după inundații la confluența râului Ilișua cu pârâul Strâmba în localitatea Târlișua (foto: Béla Kobulniczky, 5 August 2019)

De asemenea, poate fi observată situația centrului comunei, care a fost reconstruită complet, în ceea privește obiectivele tehnico-edilitare grav afectate la inundație și care au fost menționate mai sus (Fig.8).

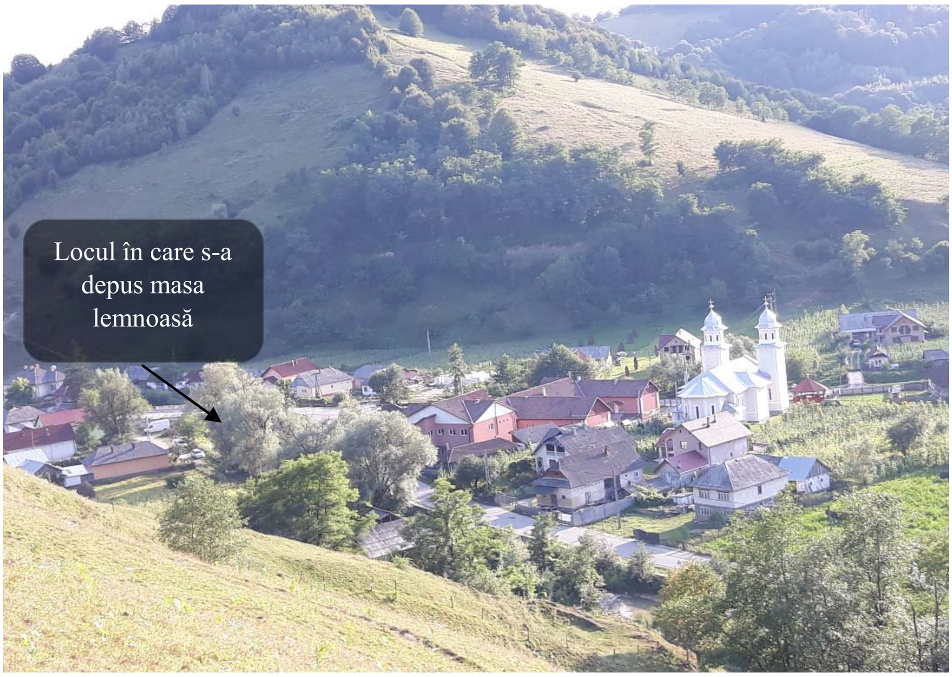


Fig.8 Centrul comunei Târlișua (foto: Béla Kobulniczky, 5 August 2019)

CAPITOLUL 3 – BAZA DE DATE ȘI METODOLOGIA DE LUCRU

În cadrul acestui capitol se va preciza schema metodologică de realizare a modelelor cartografice de reprezentare a hazardului la inundații. În ceea ce privește metodologia acestui studiu, au fost urmate următoarele etape: documentarea științifică cu precizarea contextului cercetării, a arealului de studiu, istoricul cercetărilor, prezentarea cercetării de teren și dovedirea acesteia pe baza imaginilor culese de la fața locului, apoi pregătirea bazei de date pentru întocmirea materialelor cartografice, calcularea parametrilor morfometrici ai bazinului hidrografic, precum și modelarea parametrilor obținuți în urma analizei spațiale efectuate atât în GIS cât și în HEC-RAS, culminând cu validarea produselor finale pe baza imaginilor satelitare (Landsat) din Google Earth.

Layer	Format	Structură	Sursă
Modelul digital de elevație	Raster	Grid	EU-DEM (Land Copernicus)
Limite (județe, localități)	Vector	Poligon, Linie, Punct	ANCPI
Rețeaua hidrografică	Vector	Linie	Creat
Geologie	Vector	Poligon	Harta geologică a României : 1:200000
Soluri	Vector	Poligon	Harta solurilor României: 1:200000
Modul de utilizare al terenului (2018)	Vector	Poligon	CLC 2018 (Land Copernicus)
Factorii favorabili	Raster și Numeric	Grid	Creat
Rata de frecvență, suprafața punctelor, ponderea, rația	Numeric	Tabele	Creat în Microsoft Excel pe baza studiilor aferente
Banda de inundabilitate (talveg, maluri, extensiune, profile)	Vector (HEC-RAS)	Linie	Creat
Debite aferente cotelor de atenție, inundație și pericol	Numeric	Tabele	Apele Române

Tabelul 2. Baza de date

Prima metodă de identificare a vulnerabilității la inundații este reprezentată de analiza a 13 factori determinanți în evaluarea acesteia, printre care se regăsesc: altitudinea, expoziția versanților, panta, distanța dintre cursurile de apă, solurile, geologia, indicele topografic de umezeală, indicele topografic de poziție, curbura în plan, curbura în profil, densitatea de drenaj, lungimea pantei și modul de utilizare al terenului. În stabilirea ratei de frecvență a fiecărui factor și a fiecărei variabile din cadrul acestuia, s-au luat în considerare elementele destinate spațiului construit, care au fost transformate din poligoane în puncte pentru o identificare mai ușoară pentru această analiză. Apoi s-a calculat ponderea punctelor, urmată de stabilirea suprafețelor fiecărui spațiu construit pentru fiecare variabilă și ponderea acesteia. Rația a fost stabilită pe baza raportului dintre ponderea punctelor din cadrul suprafețelor construite raportată la ponderea suprafețelor pentru o anumită variabilă. În final rata de frecvență a fost întocmită pe baza rației fiecărei variabile raportată la rația totală a fiecărui factor.

A doua metodă de determinare a riscului la inundații este reprezentată de modelarea benzilor de inundabilitate cu probabilitate a hazardului de 1% pe soft-ul HEC-RAS 5.0.7. Am recurs la această metodă deoarece am dorit să evidențiez o modelare bazată pe debitele aferente

atingerii cotei de pericol pe două tronsoane inundabile din cadrul bazinului superior al râului Ilișua. Aceste date de debite aferente cotelor atenție, inundație și pericol sunt testate pentru a putea fi evidențiată extensiunea benzii de inundabilitate pe un anumit interval de timp, la manifestarea unei viituri severe.

Astfel pentru această metodă s-a recurs la simularea a două tronsoane inundabile, urmărindu-se următoarele aspecte: trasarea talvegului cursului de apă, stabilirea malurilor râului (stâng și drept), stabilirea extensiunii maxime a benzii de inundabilitate pe ambele maluri, trasarea profilelor transversale, stabilirea rugozității pentru ambele maluri și pentru cursul de apă. Toate aceste elemente menționate reprezintă geometria albiei. După stabilirea geometriei albiei se recurge la pregătirea arealului inundabil pe baza debitelor, adică în cazul acesta s-a realizat o simulare a debitelor aferente cotei de pericol, pe interval de 8 ore și apoi generarea valorilor pe baza parametrilor stabiliți. Modelul rulează pe baza animațiilor în urma stabilirii tuturor elementelor, de acolo putându-se efectua analize detaliate pe baza graficelor generate, variații ale debitului cu suprafața tronsonului. Ca unitate de suport pentru realizarea elementelor definitorii pentru banda de inundabilitate, s-a utilizat modelul digital de elevație cu rezoluția de 25 m.

CAPITOLUL 4 – ANALIZA RATEI DE FRECVENȚĂ A FACTORILOR FAVORIZANȚI DECLANȘĂRII INUNDAȚIILOR

Pentru acest capitol s-a realizat o analiză pe frecvența fiecărei componente ce ar favoriza în viitor declanșarea inundațiilor. Zona de interes pentru această analiză este reprezentată de perimetrul construit al localităților componente ale bazinului superior al râului Ilișua (Târlișua, Lunca Sătească, Oarzina, Cireași și Șendroaia). Motivul pentru care am ales perimetrul construit ca zonă de analiză este reprezentat de faptul că cea mai vulnerabilă componentă în fața unui dezastru este populația, gospodăriile acestora, precum și dispunerea unora dintre acestea în imediata apropiere a malurilor cursurilor de apă mai mult sau mai puțin consolidate.

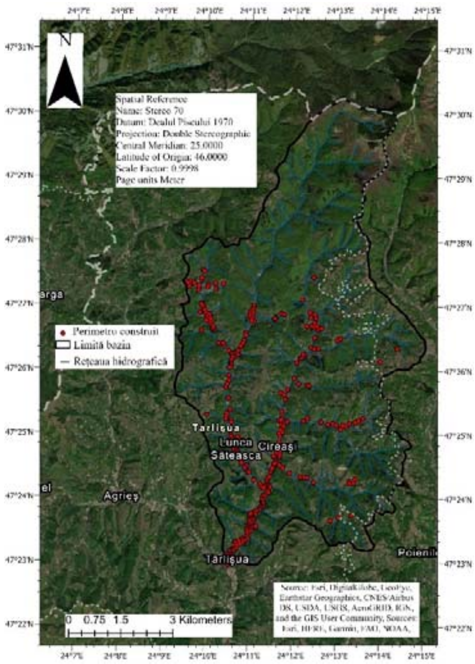


Fig.9 Perimetrul construit

Factorii analizați pentru stabilirea ratei de frecvență sunt: altitudinea, expoziția versanților, densitatea fragmentării reliefului (densitatea de drenaj), modul de utilizare al terenului, panta (declivitatea), curbura în plan, curbura în profil, distanța dintre cursurile de apă, erodabilitatea solului, geologia, indicele topografic de poziție, lungimea pantei și indicele topografic de umezeală.

a) **Altitudinea (Hipsometria)** este cuprinsă între 362 de metri și 1460 de metri, clasificarea treptelor altitudinale s-a realizat pe cinci clase. cu un ecart de aproximativ 250 de metri pentru fiecare clasă (Fig.10). În ceea ce privește rata de frecvență, spațiul construit se extinde pe altitudinile cuprinse între 362 de metri și 750 de metri, corespunzătoare claselor 1 și 2 (Tabelul 2), iar cea mai ridicată valoare este înregistrată în cadrul primei clase (până în 500 metri), unde predomină arealele construite.

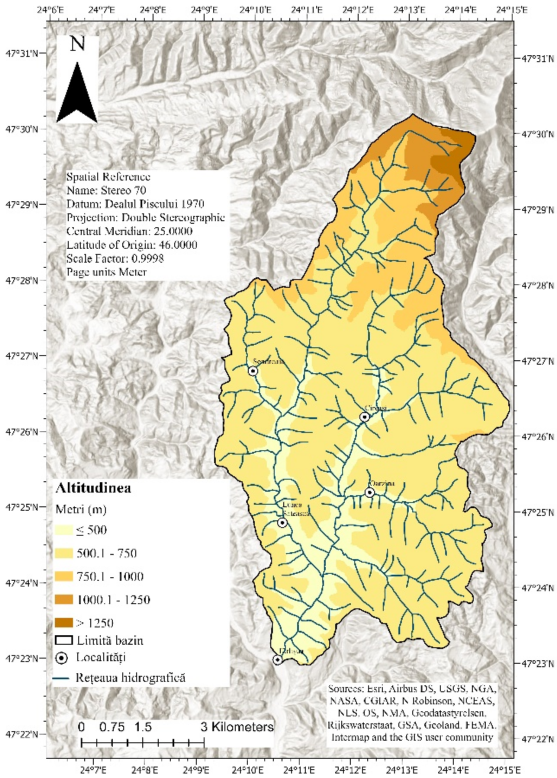


Fig.10 Harta altitudinală (hipsometrică)

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	262	85.6	9.7	20.1	4.26	0.96
2	44	14.4	38.5	79.9	0.18	0.04
Total	**306**	**100.0**	**48.2**	**100**	**4.44**	**1**

Tabelul 3. Stabilirea ratei de frecvență a altitudinii

b) **Expoziția versanților** este cuantificată pentru rata de frecvență pe 9 clase de orientare, exceptându-se terenurile plate (cvasiorizontale), unde nu se regăsesc areale construite. Ponderea cea mai ridicată a acestora sunt pe versanții cu expoziție nord-vestică (clasa 9) și cei cu expoziție sud-estică (clasa 5) conform Tabelului 3.

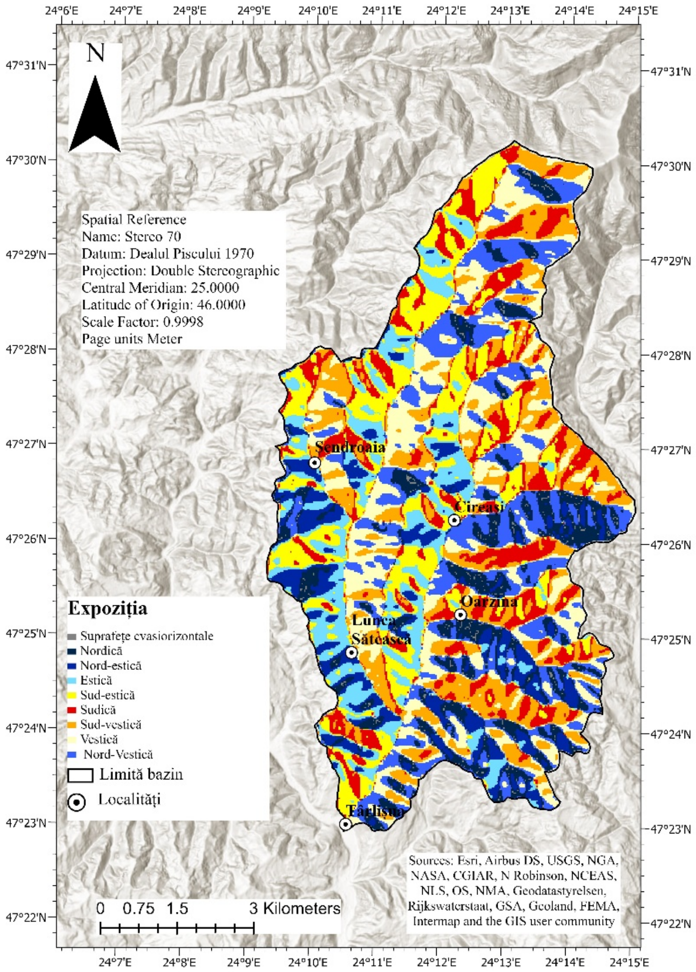


Fig.11 Expoziția versanților

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	5	1.6	5.3	9.1	0.18	0.0
2	20	6.5	4.6	7.9	0.83	0.1
3	35	11.4	6.2	10.6	1.08	0.1
4	64	20.9	8.1	13.9	1.51	0.2
5	45	14.7	7.1	12.2	1.21	0.2
6	46	15.0	9.2	15.8	0.95	0.1
7	23	7.5	9.5	16.3	0.46	0.1
8	68	22.2	8.3	14.2	1.56	0.2
Total	**306**	**100**	**58.3**	**100**	**7.7**	**1**

Tabelul 4. Stabilirea ratei de frecvență a expoziției versanților

c) Panta (Declivitatea) este clasificată pe 8 clase, exceptându-se ultima clasă, cu pante de peste 35 de grade, unde nu există perimetru construit conform Fig.12. În ceea ce privește spațiul construit acesta este cel mai bine distribuit în zonele cu pante între 2 și 5 grade, urmat de cele cu pante între 7 și 12 grade. (Tabelul 4).

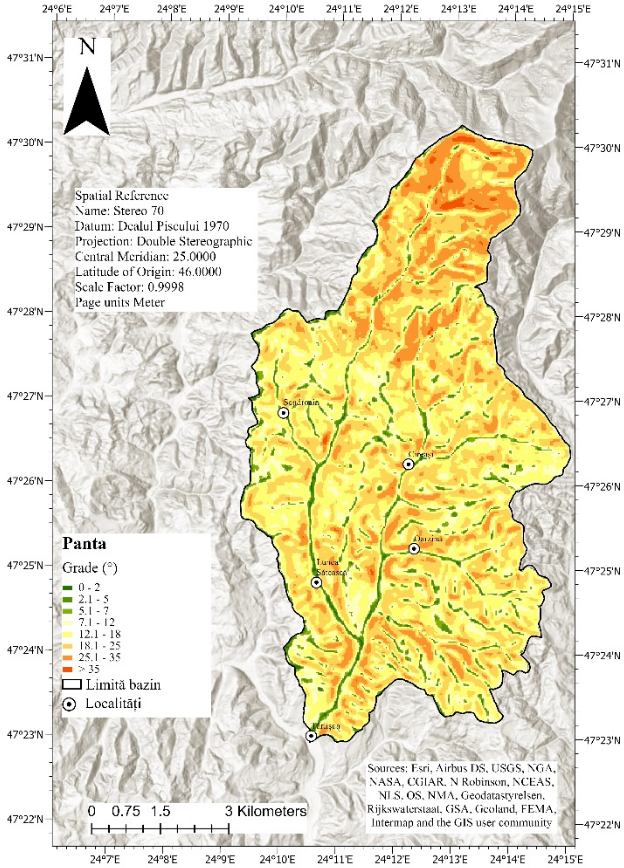


Fig.12 Harta pantelor (declivității)

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	31	10.1	0.4	0.7	14.84	0.5
2	79	25.8	1.8	3.1	8.40	0.3
3	55	18.0	1.9	3.2	5.54	0.2
4	74	24.2	9.3	15.9	1.52	0.0
5	47	15.4	19.3	32.9	0.47	0.0
6	18	5.9	18.6	31.7	0.19	0.0
7	2	0.7	7.3	12.5	0.05	0.0
Total	**306**	**100**	**59**	**100**	**31**	**1**

Tabelul 5. Stabilirea ratei de frecvență a pantelor

d) Geologia este reprezentată de 6 clase care au următoarea componență litologică: Chattian-Burdigalian cu gresii și argile marnoase (clasa 1), diorite, Helvețian cu conglomerate, gresii, argile marnoase de tipul stratelor de Hida (clasa 2), Lattorfian-Rupelian cu facies marnos, fliș marno-grezos, wildflysch, șisturi bituminoase de tipul Valea Caselor (clasa 3), Holocen cu nisipuri și pietrișuri (clasa 4) și Tortonian cu argile, gresii cu cărbuni, marne, șisturi marnoase și tufuri, conform Fig.13. Referitor la stabilirea ratei de frecvență (Tabelul 5) a componentelor litologice, desprindem următoarele observații, și anume că ponderea cea mai ridicată a spațiului construit se regăsește pe suprafețele acoperite de conglomerate, gresii și argile marnoase (47.1 %), urmată de suprafețele acoperite de gresii și argile marnoase (34.6%). Deși au fost analizate toate componentele litologice, în cadrul

analizei ratei de frecvență nu au intrat cele specific Tortonianului și dioritele. Se observă o rată de frecvență foarte ridicată (0.79), la nisipurile și pietrișurile holocene, chiar dacă acestea se suprapun peste puține areale construite, deoarece numărul de elemente luate în analiză este mare în raport cu suprafața pe care o ocupă acestea.

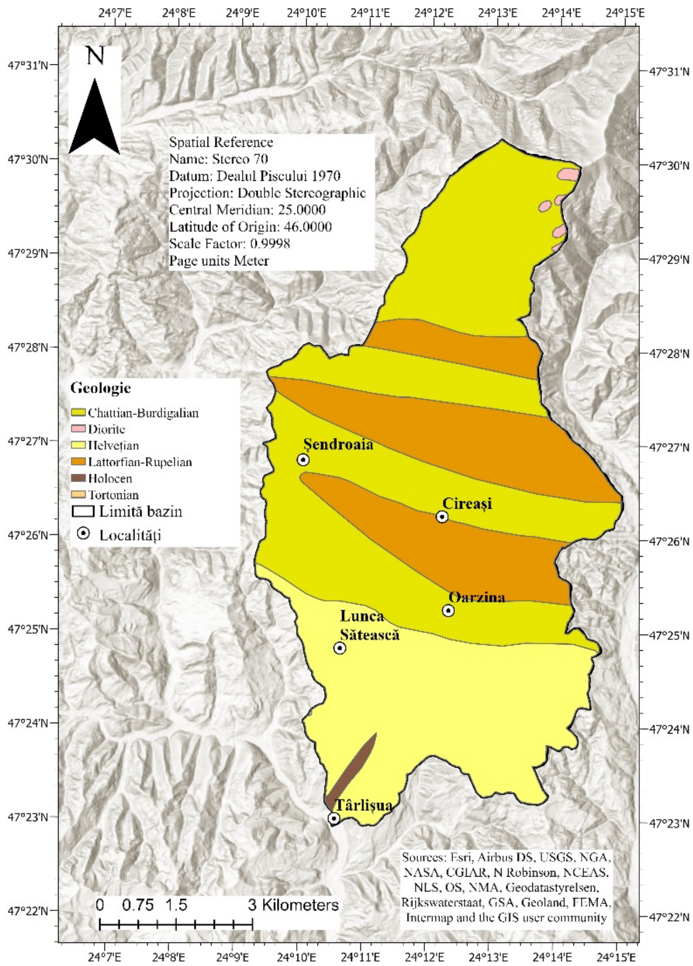


Fig.13 Geologia

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	106	34.6	27.5	46.5	0.74	0.05
2	144	47.1	16.4	27.7	1.70	0.12
3	39	12.7	14.9	25.2	0.51	0.04
4	17	5.6	0.3	0.5	10.94	0.79
Total	**306**	**100**	**59**	**100**	**14**	**1**

Tabelul 6. Stabilirea ratei de frecvență a geologiei

e) **Distanța dintre cursurile de apă** este reprezentată pe 5 clase cu valori cuprinse între 0 și 500 de metri (Fig.14) fiind exceptate în cadrul stabilirii ratei de frecvență, arealele în care distanța este mai mare de 450 de metri. Spațiul construit se extinde cel mai mult în zonele cu distanțe mai mici de 50 de metri, reprezentând 69.1 % din totalul elementelor cadrului construit (306 puncte) din cadrul analizei noastre (Tabelul 6).

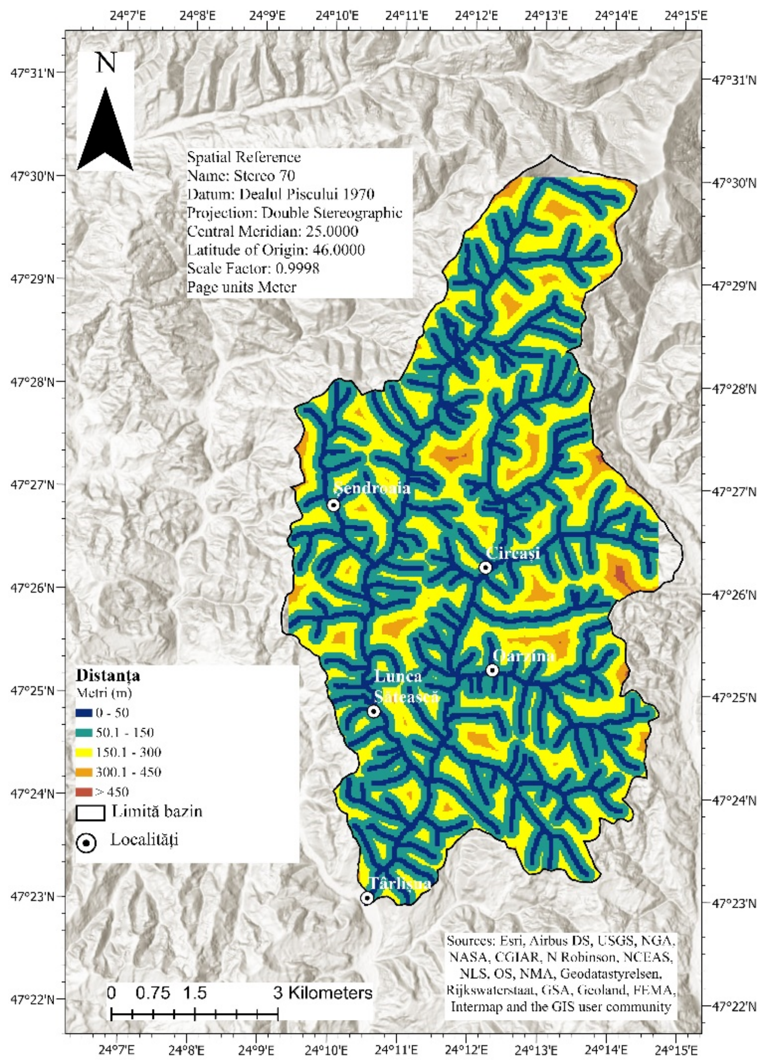


Fig.14 Distanța dintre cursurile de apă

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	211	69.0	13.3	22.6	3.05	0.76
2	83	27.1	26.3	44.7	0.61	0.15
3	9	2.9	16.9	28.7	0.10	0.03
4	3	1.0	2.2	3.7	0.26	0.07
Total	**306**	**100**	**58.8**	**100**	**4.02**	**1**

Tabelul 7. Stabilirea ratei de frecvență a distanței dintre cursurile de apă

f) **Curbura în plan** este reprezentată de patru intervale, dintre care două de concavitate și două de convexitate (Fig.15). În ceea ce privește suprafețele construite, acestea sunt dispuse cel mai mult în zonele de tranziție a concavităților reduse cu micile convexități ale reliefului (Tabelul 7).

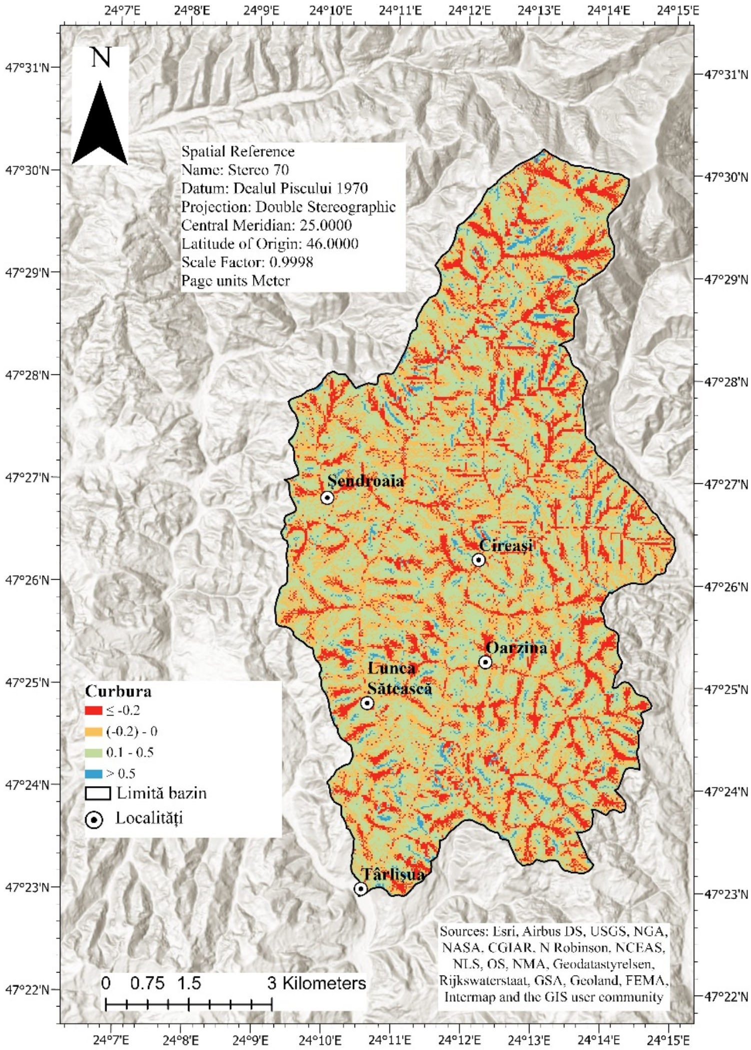


Fig.15 Curbura în plan

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	59	19.3	10.8	18.2	1.06	0.32
2	148	48.4	18.2	30.6	1.58	0.48
3	99	32.4	28.9	48.7	0.66	0.20
Total	**306**	**100**	**59.4**	**100**	**3.30**	**1**

Tabelul 8. Stabilirea ratei de frecvență a curburii în plan

g) Indicele topografic de poziție este reprezentat pe 4 clase cu valori negative, ce corespund concavității reliefului, valori nule corespunzătoare suprafețelor plate (cvasiorizontale) și valori pozitive specifice convexității reliefului (Fig.16). Ponderea cea mai mare a punctelor este reprezentată de arealele cu concavități (89.9 %), dar sunt exceptate din analiză arealele cu convexități mai ridicate (Tabelul 8).

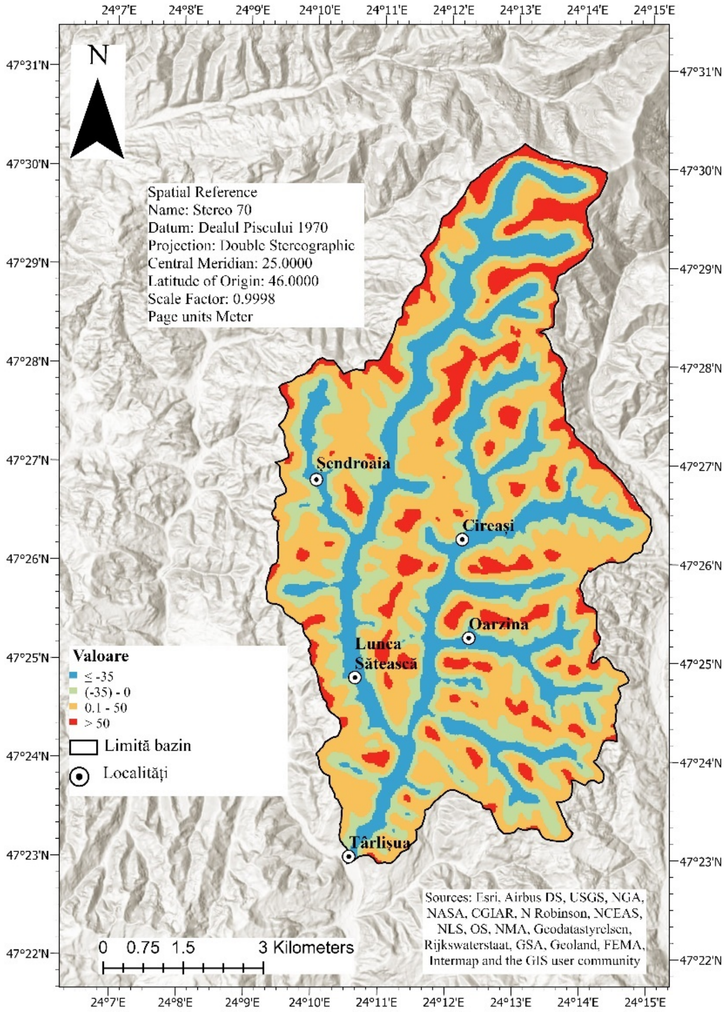


Fig. 16 Indicele topografic de poziție

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	275	89.9	12.7	24.0	3.74	0.93
2	20	6.5	15.5	29.3	0.22	0.06
3	11	3.6	24.7	46.7	0.08	0.02
Total	**306**	**100**	**52.9**	**100**	**4.04**	**1**

Tabelul 9. Stabilirea ratei de frecvență a indicelui topografic de poziție

h) Indicele topografic de umezeală are în componență două variabile: panta și acumularea scurgerii. Clasificarea a fost realizată pe 5 clase de valori, începând de la zonele cu valori negative ale indicatorului, ajungându-se până la valori mai ridicate (12). Față de ceilalți indicatori, acesta acoperă mai puțin de jumătate din suprafețele construite (140 de puncte din 306), deoarece nu se suprapune complet pe zona de studiu, existând multe zone în care acesta nu prezintă nicio valoare.

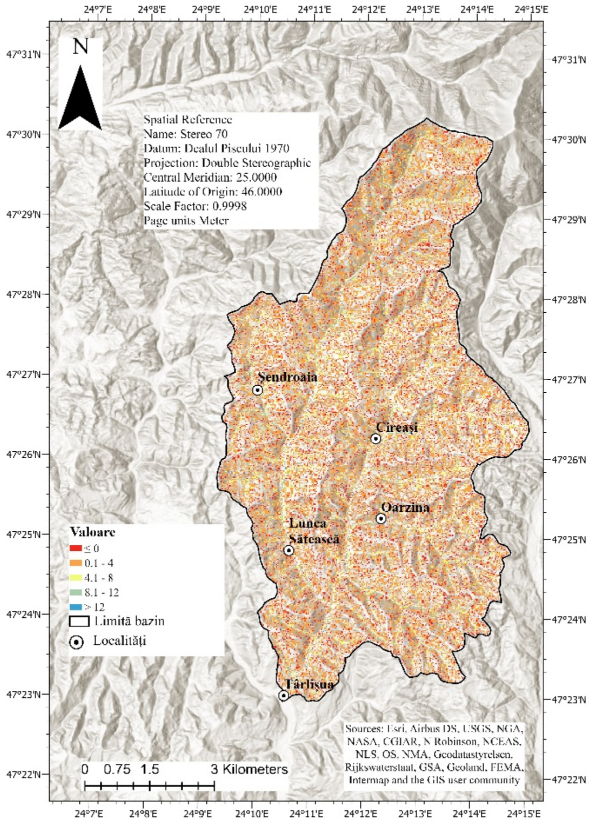


Fig.17 Indicele topografic de umezeală

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	14	10.0	3.8	16.3	0.61	0.02
2	75	53.6	16.4	70.4	0.76	0.02
3	25	17.9	2.8	12.0	1.49	0.04
4	25	17.9	0.3	1.3	13.88	0.42
5	1	0.7	0.0	0.0	16.65	0.50
Total	**140**	**100**	**23.31**	**100**	**33.39**	**1**

Tabelul 10. Stabilirea ratei de frecvență a indicelui topografic de umezeală

i) **Curbura în profil** prezintă similitudini cu curbura în plan, doar că în acest caz suprafețele construite sunt cel mai bine reprezentate în intervalele de convexitate (Tabelul 10),nu la tranziția dintre cele concave cu cele convexe, ca în situația anterioară.

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	3	1.0	11.5	19.4	0.05	0.01
2	50	16.3	18.5	31.1	0.52	0.07
3	185	60.5	27.2	45.8	1.32	0.17
4	68	22.2	2.2	3.7	6.00	0.76
Total	**306**	**100**	**59.4**	**100**	**7.90**	**1**

Tabelul 11. Stabilirea ratei de frecvență a curburii în profil

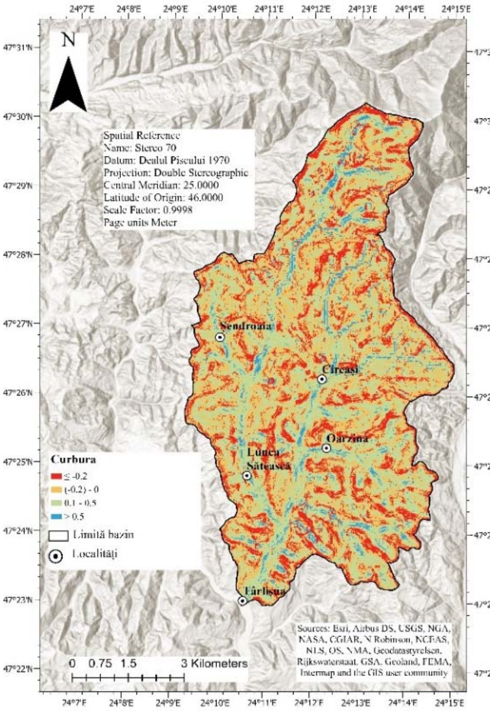


Fig.18 Curbura în profil

j) Solurile sunt reprezentate pe 4 clase: argiluvisoluri reprezentate de soluri brune luvice, cambisoluri constituite din soluri brune acide, solurile neevoluate, desfundate sau trunchiate din care fac parte erodisoluri, regosoluri, protosoluri aluviale și spodosolurile din soluri brune feriiluviale (Fig.19). În cadrul stabilirii ratei de frecvență, sunt exceptate din cadrul analizei spodosolurile, pentru că nu există suprapuneri ale spațiului construit peste această categorie de soluri, astfel dominantă este clasa cambisolurilor (69%), urmată de solurile neevoluate, desfundate și trunchiate (28.4%), conform Tabelului 11.

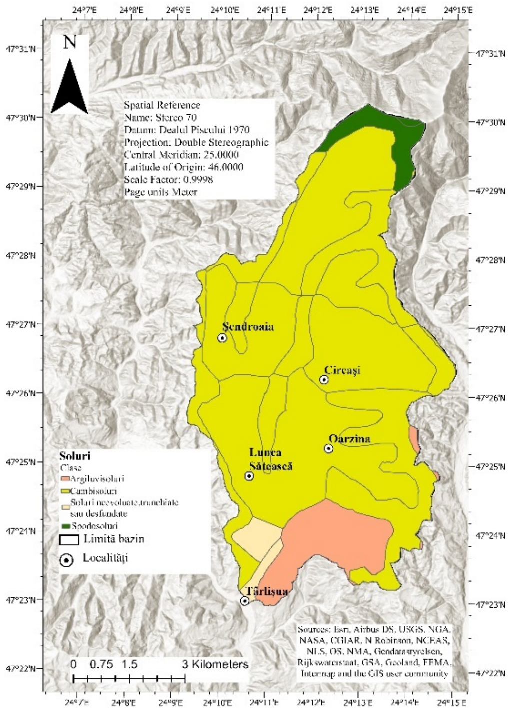


Fig.19 Solurile

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	8	2.6	5.1	9.0	0.3	0.02
2	211	69.0	50.3	88.6	0.8	0.06
3	87	28.4	1.4	2.4	11.5	0.92
Total	**306**	**100**	**56.8**	**100**	**13**	**1**

Tabelul 12. Stabilirea ratei de frecvență a solurilor

k) **Modul de utilizare al terenului** este clasificat pe următoarele tipuri de utilizare: spațiu rural discontinuu, terenuri arabile neirigate, pășuni, zone de culturi complexe, terenuri predominant agricole în amestec cu vegetația naturală, păduri de foioase, păduri de conifere, păduri mixte, pajiști naturale și zone de tranziție a pădurii cu tufărișurile (Fig.20). Referitor la suprafețele construite, cele mai multe se regăsesc în zonele de culturi complexe (48 %), urmate de pășuni (30.1 %) și un procentaj semnificativ mai este și în cadrul spațiului rural discontinuu (11.1 %), conform tabelului 11.

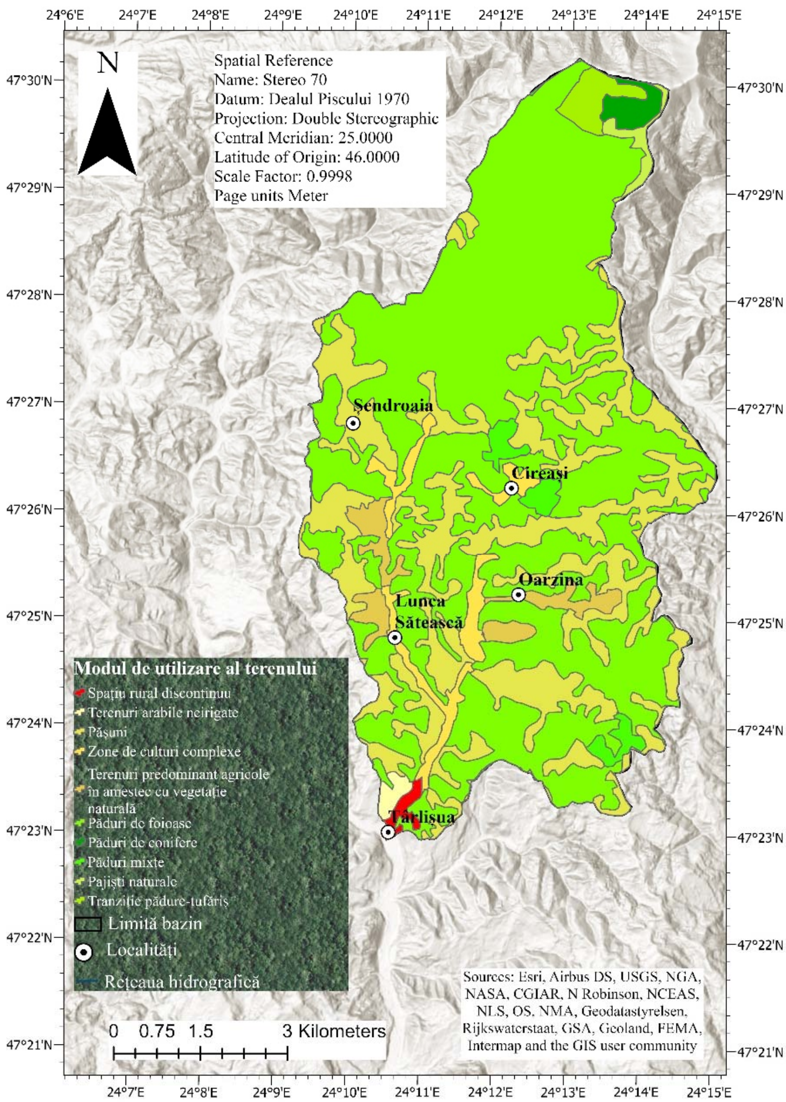


Fig.20 Modul de utilizare al terenului

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	34	11.1	0.2	0.6	19.28	0.58
2	3	1.0	0.2	0.6	1.70	0.05
3	92	30.1	14.0	40.3	0.75	0.02
4	147	48.0	1.8	5.2	9.26	0.28
5	26	8.5	1.5	4.3	1.97	0.06
6	4	1.3	17.0	49.0	0.03	0.00
Total	**306**	**100**	**34.7**	**100**	**33**	**1**

Tabelul 13. Stabilirea ratei de frecvență a modului de utilizare a terenurilor

l) Lungimea pantei este reprezentată pe 7 clase de valori (Fig.21). Este utilizată mai des în realizarea modelului RUSLE în determinarea eroziunii solului. Suprafețele construite se suprapun peste arealele cu lungimi reduse, în acest caz de sub 1 m și sunt cuantificate în 273 de puncte din cele 306 luate în analiză. Sunt exceptate de la analiza ratei de frecvență suprafețele unde lungimile pantelor depășesc 3 m, deoarece nu există areale construite pe respectivele zone (Tabelul 13).

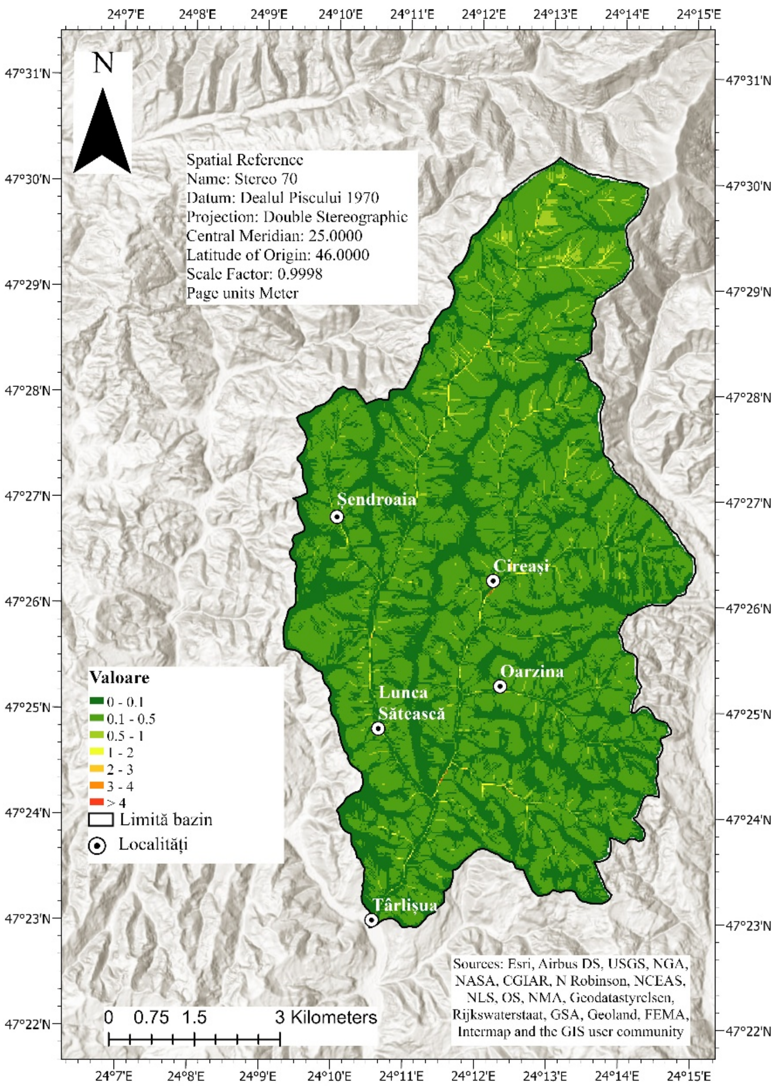


Fig. 21 Lungimea pantei

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	169	55.2	20.8	35.2	1.57	0.06
2	104	34.0	36.9	62.5	0.54	0.02
3	26	8.5	1.2	2.0	4.18	0.15
4	6	2.0	0.1	0.2	11.57	0.42
5	1	0.3	0.02	0.0	9.64	0.35
Total	**306**	**100**	**59.0**	**100**	**27.51**	**1**

Tabelul 14. Stabilirea ratei de frecvență a lungimii pantei

m) Densitatea de drenaj este evidențiată pe 6 clase de la 0 până la 5.5 km/km^2 (Fig.22). În cadrul analizei noastre, aceasta cuprinde 5 clase, astfel spațiul construit este cel mai bine evidențiat în zonele cu densitate ridicată a rețelei hidrografice, în acest caz cele cu valori între 3.1 și 4 km/km^2 (55.6 %), fiind exceptate arealele cu cele mai mari densități, conform Tabelului 14.

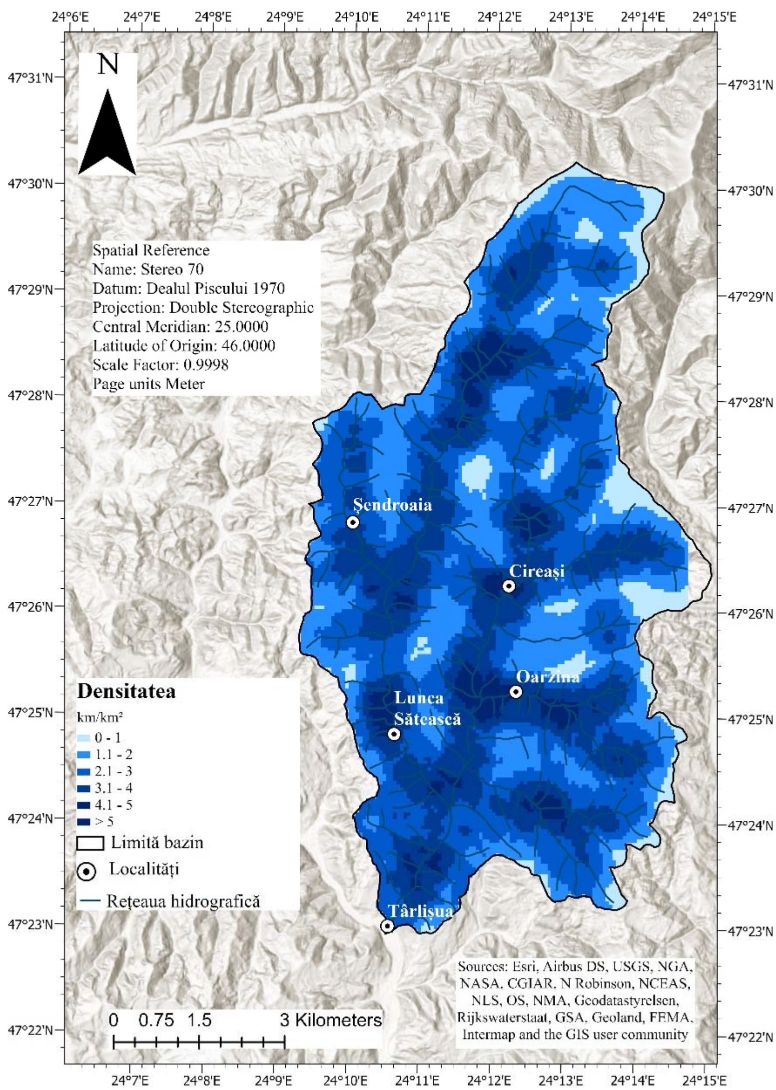


Fig. 22 Densitatea de drenaj

Clase	Număr de puncte	Ponderea punctelor (%)	Suprafața	Ponderea suprafeței (%)	Rația	Rata de frecvență
1	1	0.3	3.5	5.9	0.06	0.01
2	9	2.9	16.3	27.6	0.11	0.02
3	81	26.5	21.3	36.1	0.73	0.12
4	170	55.6	14.9	25.2	2.20	0.37
5	45	14.7	3.1	5.3	2.80	0.47
6	0	0.0	0.09	0.2	0	0.00
Total	**306**	**100**	**59.2**	**100**	**5.90**	**1**

Tabelul 15. Stabilirea ratei de frecvență a densității de drenaj

n) Calcularea ratei de frecvență a celor 13 factori

După realizarea celor 13 indicatori pentru această analiză și stabilirea ratei de frecvență a fiecărui factor pentru fiecare variabilă, recurgem la stabilirea arealelor vulnerabile la inundații. Stabilirea acestei vulnerabilități se face prin adunarea tuturor factorilor în ceea ce privește rata de frecvență a fiecăruia (Khosravi și colab., 2016; Samanta și colab., 2018). Se observă conform Fig. 23 o tendință crescătoare a variabilelor în zonele cu o rată de frecvență scăzută (< 38) și o tendință descrescătoare odată ce ne apropiem de zonele cu o rată de frecvență ridicată sau foarte ridicată (> 45).

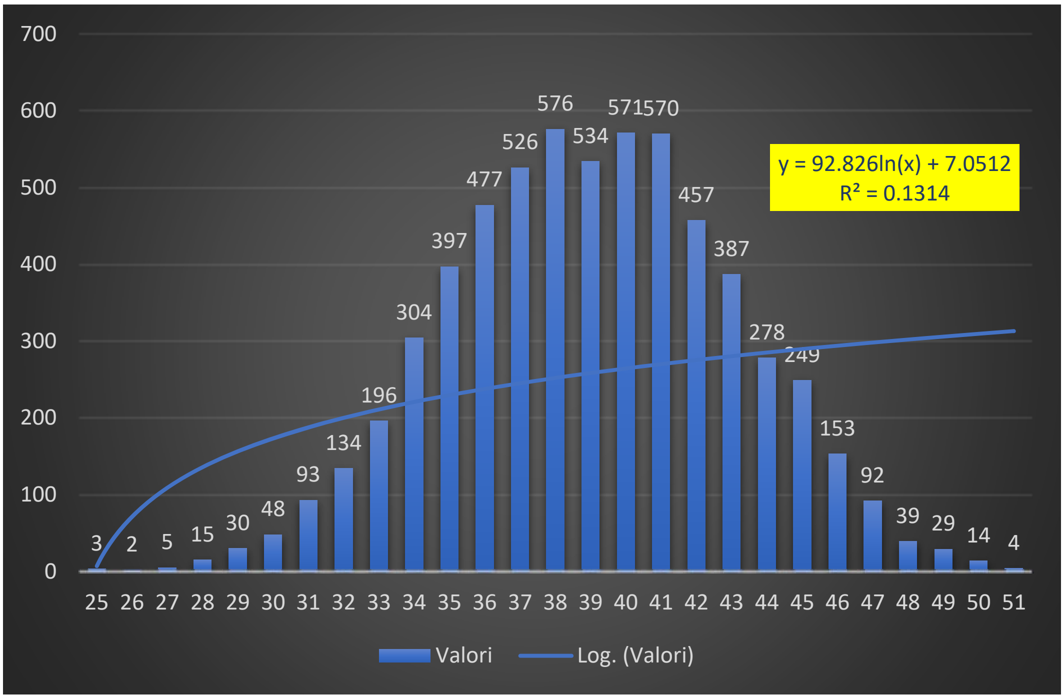


Fig. 23 Evoluția numărului de variabile a ratelor de frecvență în comparație cu gradul de vulnerabilitate

În ceea ce privește spațiul construit putem observa faptul că majoritatea arealelor destinate acestuia prezintă în mare măsură o frecvență scăzută spre medie la inundații conform factorilor analizați. Însă sunt și destule areale care nu prezintă niciun risc, acest lucru poate fi observat pe hartă pe arealele în care nu există nicio culoare conform legendei, deoarece la

însumarea ratelor de frecvență a fiecărei variabile din cadrul factorilor analizați, au existat valori nule atât în spațiile construite cât și în restul bazinului (Fig.24).

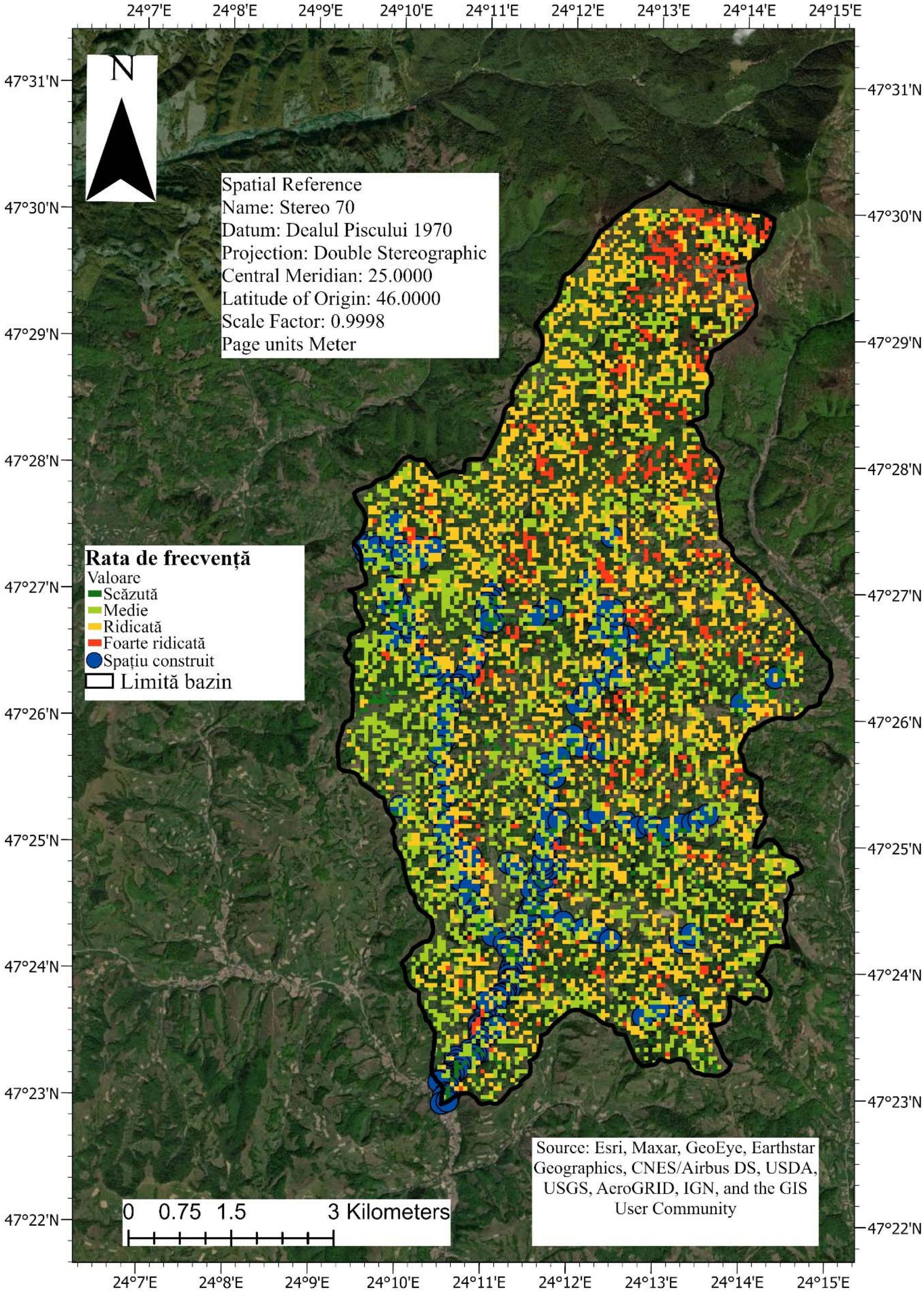


Fig.24 Rata de frecvență a factorilor ce conturează vulnerabilitatea la inundații

CAPITOLUL 5 – ANALIZA PROBABILITĂȚII DE HAZARD LA INUNDAȚII PE BAZA BENZILOR DE INUNDABILITATE DE 1%

În conturarea acestui model de analiză a riscului la inundații s-a recurs în primă instanță la realizarea parametrilor morfometrici ai bazinului hidrografic. Printre elementele morfometrice ale bazinului hidrografic se evidențiază: suprafața bazinului (F), lungimea albiei principale (L_a), suma lungimilor albiei principale și a albiilor afluente (ΣL), lungimea medie a versanților (lv), panta medie a albiei principale (I_a) și panta medie a versanților (I_v). Valorile fiecărui parametru sunt menționate în Tabelul 16.

Suprafața bazinului hidrografic (F) a fost calculată pe baza limitei de bazin vectorizată în GIS pe baza hărții topografice. Lungimea albiei principale (L_a) a fost măsurată cu ajutorul riglei din GIS pornind de la izvor până la vărsare, la fel și suma lungimilor albiei principale și a albiilor afluente (ΣL). Lungimea medie a versanților (l_v) a fost calculată după următoarea formulă precizată în calculul scurgerii maxime pe bazine mici (INMH, 1994) :

$$|lv| = 0{,}55 * \frac{F}{\Sigma L} \qquad (1)$$

Panta medie a versanților se calculează pe baza modelului digital de elevație al terenului. După generarea pantei, se verifică valoarea medie înregistrată în rubrica de statistică a bazei de date. Panta medie a albiei principale (I_a) se calculează pe baza altitudinii (H) conform modelului digital de elevație, ca diferență dintre altitudinea minimă și maximă, iar rezultatul se raportează la lungimea albiei principale (L_a) conform INMH,1994 :

$$Ia = \frac{H}{La}\ (m/km) \qquad (2)$$

Elemente	Valoare
Suprafața (F)	59,7 km^2
Lungimea albiei principale (L_a)	13,4 km
Suma lungimiei albiei principale și a albiilor afluente (ΣL)	61 km
Lungimea medie a versanților (lv)	0,5 km
Panta medie a albiei principale (I_a)	81,8 m/km
Panta medie a versanților (I_v)	17,2 %

Tabelul 16. Caracteristicile morfometrice ale bazinului hidrografic

După stabilirea morfometriei, se trece la analiza benzii de inundabilitate în HEC-RAS. Pe baza detaliilor metodologice enunțate, se realizează simularea și se scot în evidență graficele necesare interpretării progresive a stării sistemului hidrologic.

a) Tronsonul 1 (după câteva sute de metri de izvor)

Elementele ce țin de geometria albiei sunt evidențiate în cadrul Fig.25 pentru acest tronson. Rugozitățile sunt un alt element important în conturarea benzii de inundabilitate, stabilite pe baza coeficientului Manning[3]. În Fig.26 s-a generat hidrograful de viitură până la atingerea cotei de pericol, pe un interval de 8 ore, pornind de la un debit de 0.1 m^3/s la ora 00:00 și ajungând la ora 08:00 la un debit de 260 m^3/s. În cadrul profilelor se evidențiază anumiți parametri care se raportează la situația din amonte și din aval a tronsonului inundabil, și anume viteza de curgere (Fig.27), suprafața pe care se extinde banda (Fig.28), adâncimea (Fig.29), volumul scurs (Fig.30). De asemenea se evidențiază modelul 3D al benzii (Fig.31),

[3] https://www.engineeringtoolbox.com/mannings-roughness-d_799.html

iar ca element final, evidențiem simularea pe 2 momente de timp privind extensiunea benzii de inundabilitate raportată la creșterea debitului la ora 00:00 (Fig.32) și ora 08:00 (Fig.33).

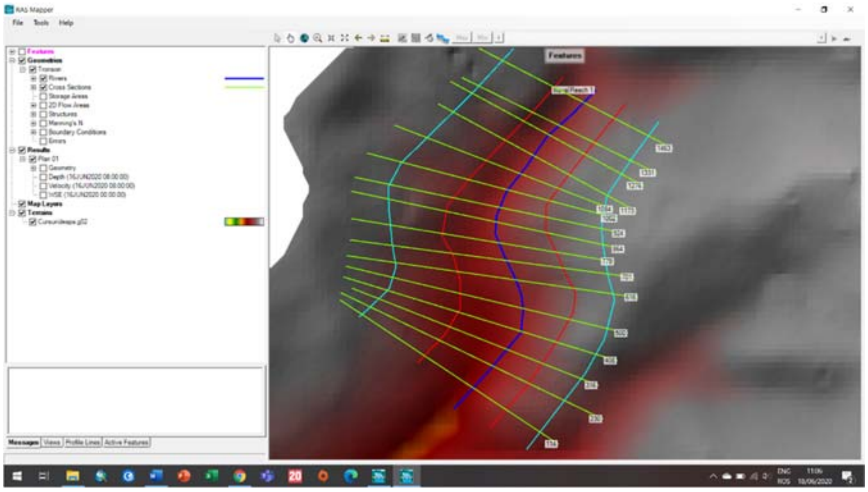


Fig.25 Geometria albiei

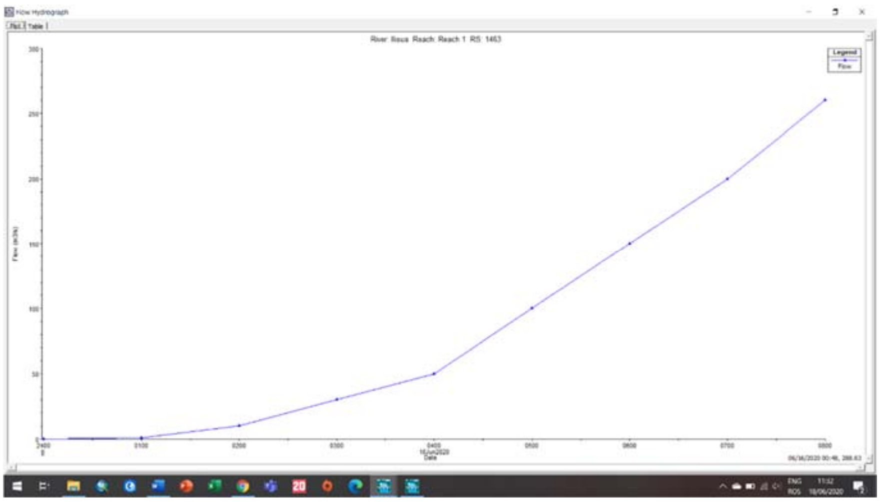


Fig.26 Hidrograful

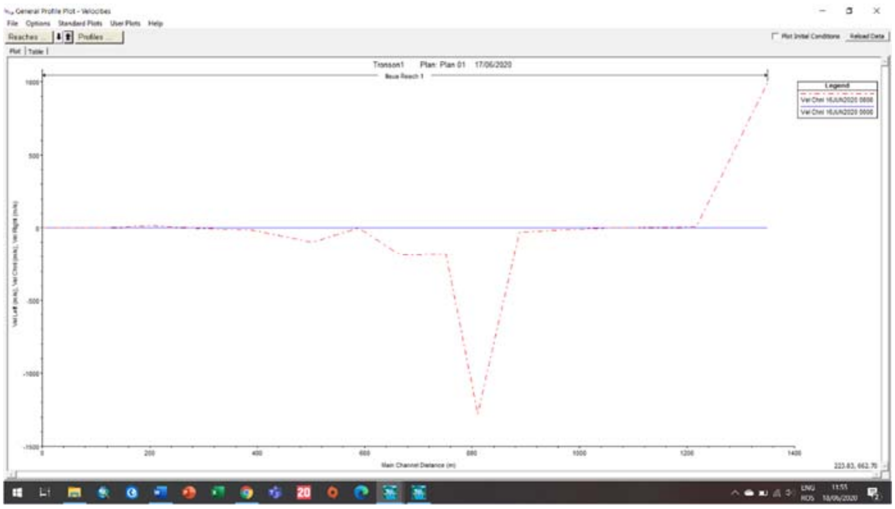


Fig.27 Viteza de curgere din amonte și în aval

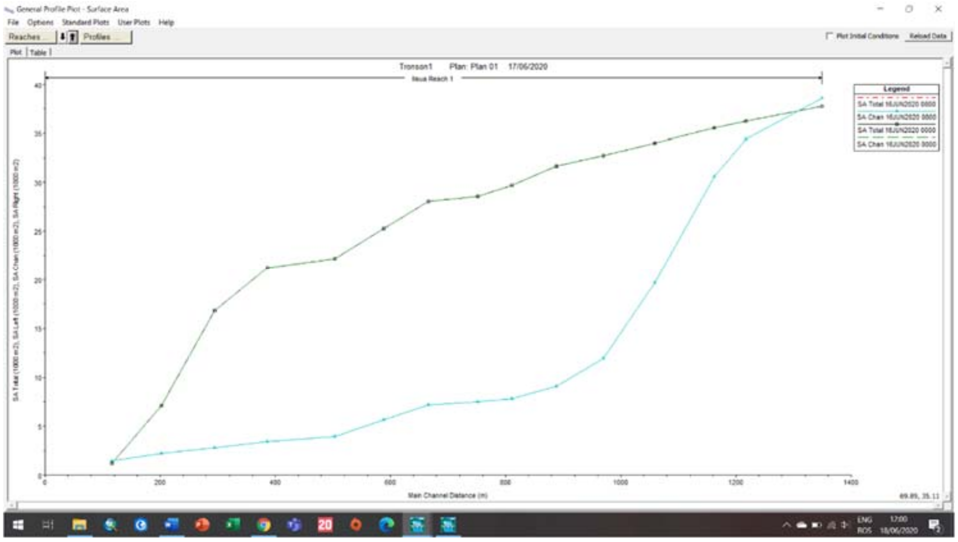


Fig.28 Suprafața pe care se extinde banda în cele două momente

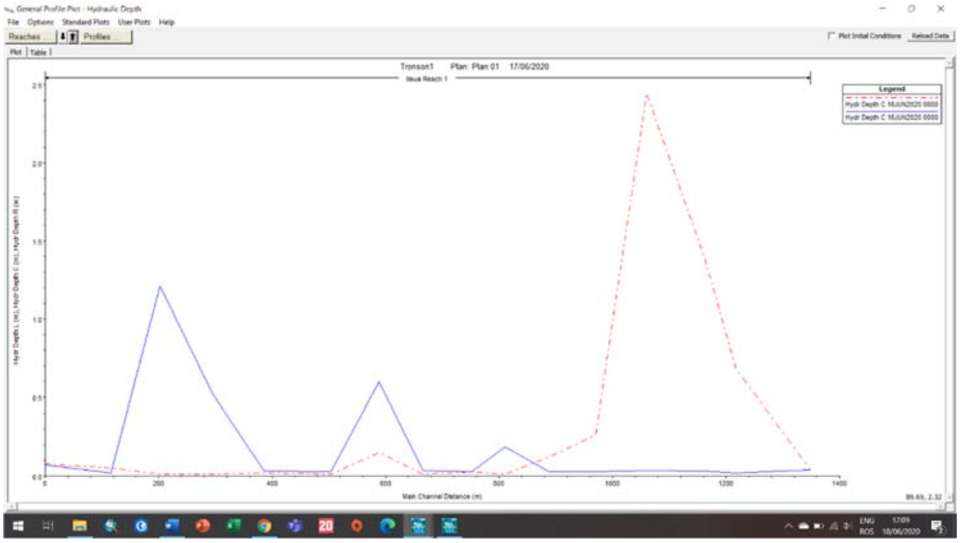


Fig.29 Adâncimea

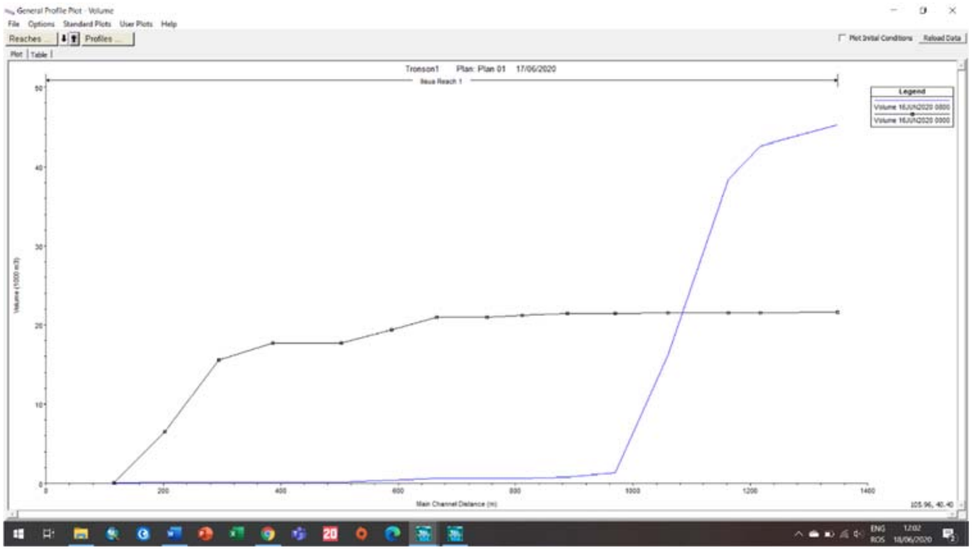


Fig. 30 Volumul scurs

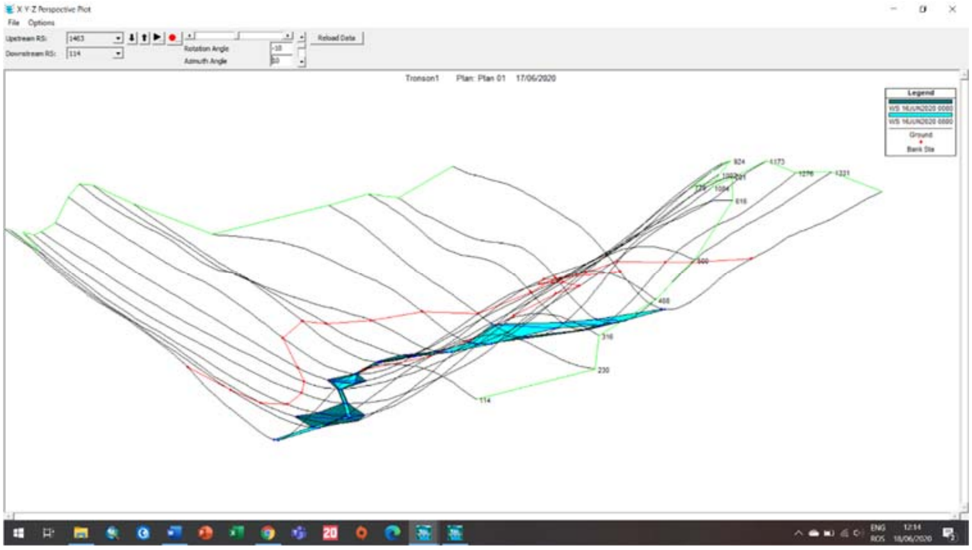


Fig. 31 Modelarea 3D a tronsonului inundabil

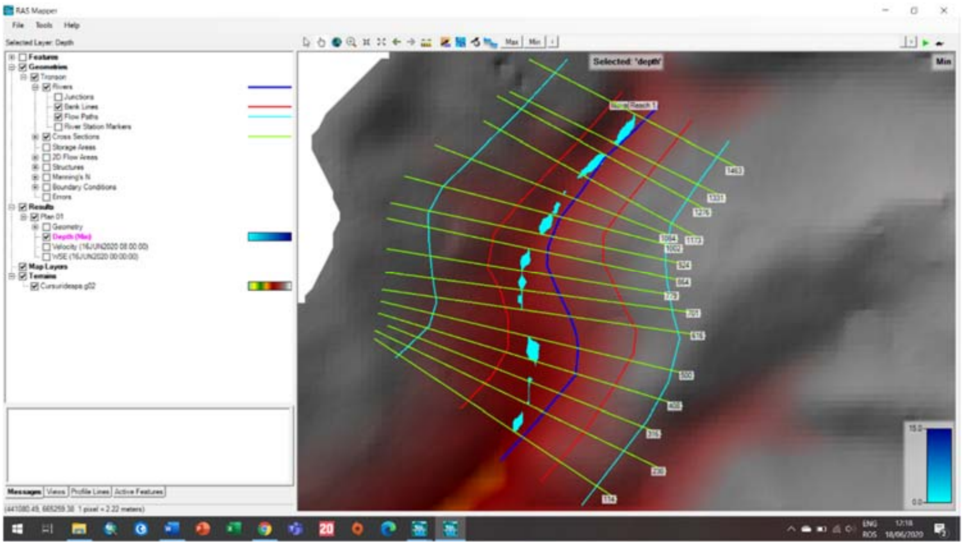


Fig.32 Banda de inundabilitate la un debit de 0.1 m3/s

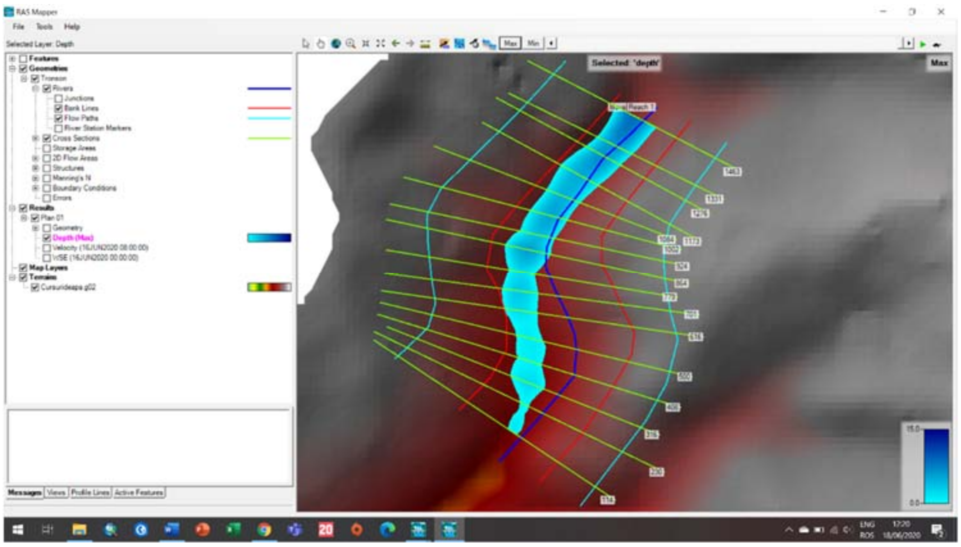


Fig. 33 Banda de inundabilitate la un debit de 260 m3/s

După realizarea simulării, am realizat un grafic cu evoluția debitului în funcție de suprafața tronsonului inundabil și am ajuns la concluzia că există o stagnare a debitului la primele creșteri, urmată de o creștere exponențială odată ce se ajunge la valori ridicate ale debitului, în acest caz atingându-se cota de pericol (Fig.34).

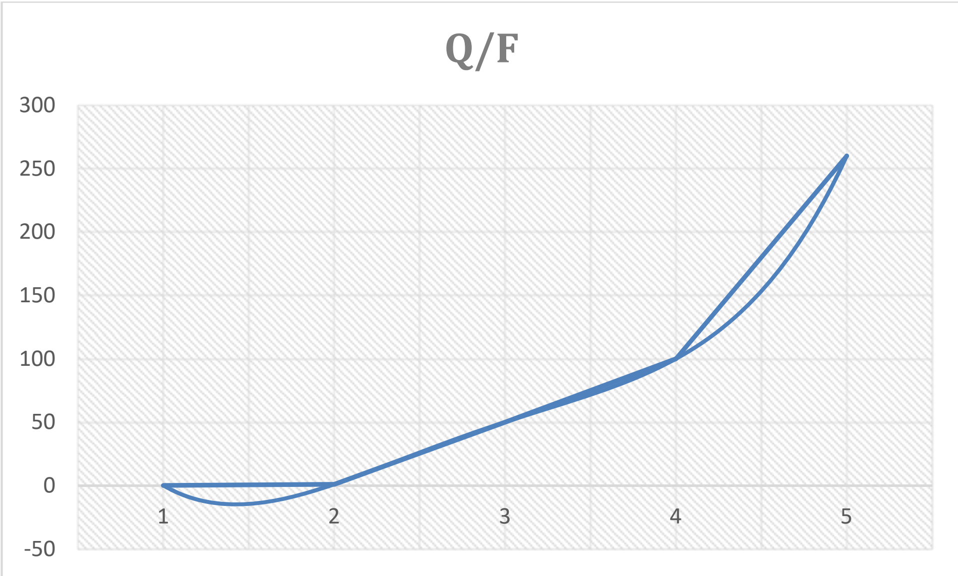


Fig.34 Creșterea exponențială a debitului în raport cu suprafața bazinului de recepție (Tronson I)

b) Tronsonul 2 (la câteva sute de metri de confluența pârâului Strâmba cu râul Ilișua)

În acest caz vom preciza doar momentele maxime și minime ale viiturii simulate precum și modelul 3D al tronsonului (Fig.35), deoarece parametrii inițiali folosiți în cadrul primul tronson nu diferă atât de mult de cei utilizați aici. Am recurs la adăugarea parametrilor în primul caz pentru evidențierea schemei metodologice de intrepretare a situației excepționale din punct de vedere hidrologic.

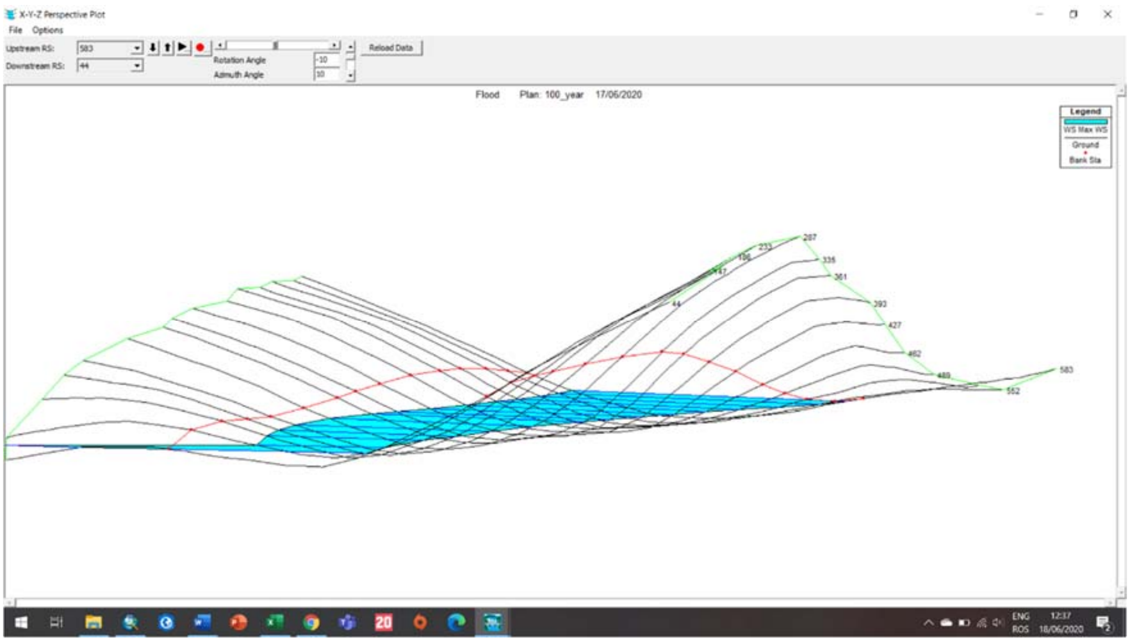


Fig.35 Modelarea 3D a tronsonului inundabil

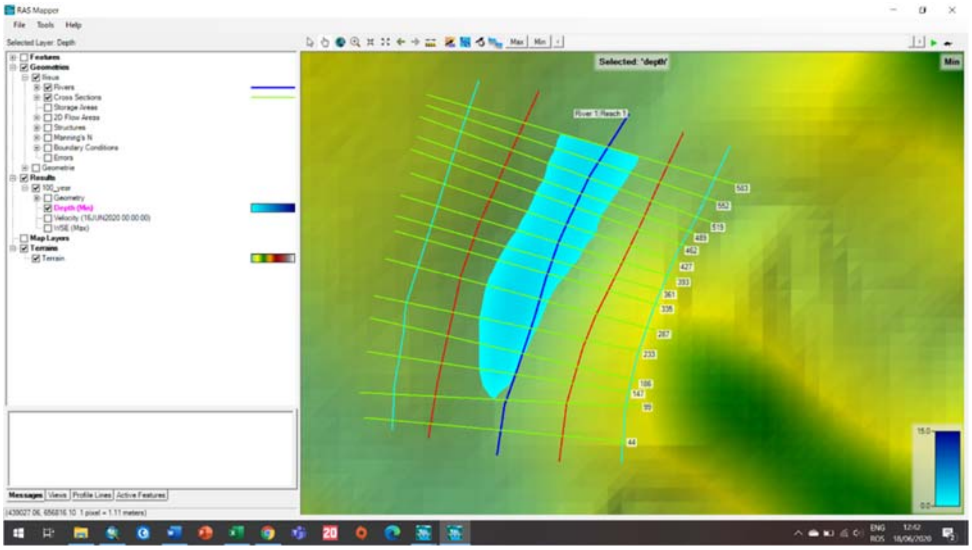


Fig.36 Banda de inundabilitate la un debit de 0.1 m3/s

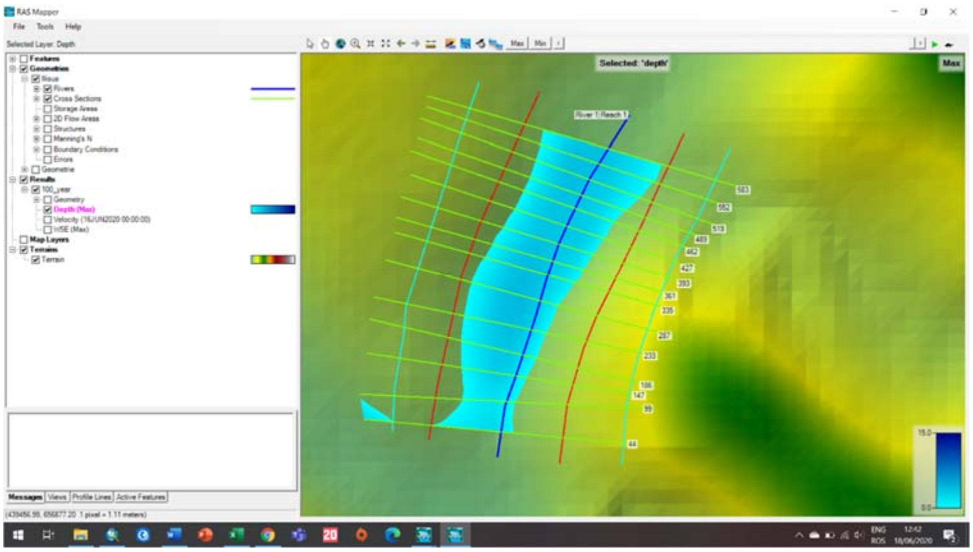


Fig.37 Banda de inundabilitate la un debit de 260 m3/s

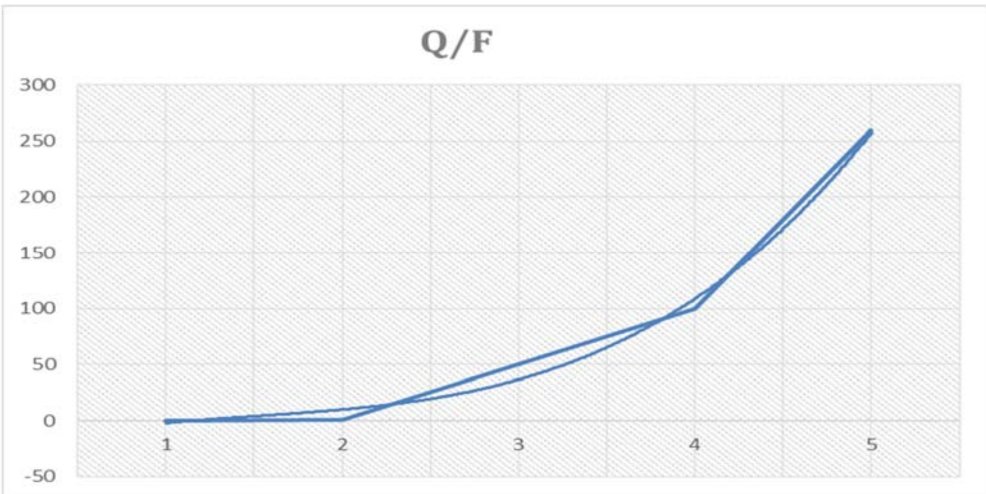


Fig.38 Creșterea exponențială a debitului raportat la suprafața bazinului de recepție (Tronson II)

Conform Fig.38, creşterea exponenţială este aproape similară faţă de primul tronson deoarece, debitele mari înregistrate se raportează la suprafeţe mici ale tronsonului din cadrul bazinului de recepţie.

Concluzii

Lucrarea serveşte ca îndrumător metodologic de realizarea riscului la inundaţii pe mai multe metode. Utilizarea frecvenţialităţii în estimarea riscului la inundaţii este importantă pentru că evidenţiază majoritatea componentelor ce conturează o posibilă formare a viiturii, acestea fiind menţionate în capitolul 4 dar enumerate şi în cadrul metodologiei de lucru.

De asemenea şi evidenţierea riscului bazat pe debitele cotei de pericol, aferente staţiei hidrometrice de la Cristeştii Ciceului, reprezintă o metodă la fel de importantă, pentru că se bazează pe debite şi evidenţiază situaţia de la câteva ore până la secunde, în funcţie de setările operatorului.

Deficienţe:

- lipsa validării pe modelul ROC/AUC Curves a ratei de frecvenţă;
- iniţial s-a dorit şi realizarea unei rezilienţe a populaţiei la inundaţii pe baza chestionarelor aplicate în arealele supuse inundaţiilor în 20 iunie 2006; aceasta va fi realizată ulterior într-un alt studiu.

Valorificare:

- publicarea unui material similar lucrării pe eroziunea solului în revista "Riscuri şi Catastrofe".
- posibilitatea publicării a unei părţi din lucrare într-un volum colectiv, reviste cotate BDI sau ISI sau publicarea integrală a lucrării.

Bibliografie

Arghiuş, V.; Ozunu, A.; Samara, I.; Roşian, G. 2013. Results of the post flash-flood disaster investigations in the Transylvanian Depression (Romania) during the last decade (2001–2010). Natural Hazards and Earth System Sciences, 1, 6199-6225, https://doi:10.5194/nhessd-1-6199-2013.

Aryal, D.; Wang, L.; Adhikari, T.R.; Zhou, J.; Li, X.; Shrestha, M.; Wang, Y.; Chen, D. 2020. A Model-Based Flood Hazard Mapping on the Southern Slope of Himalaya. Water, 12, 540, https://doi.org/10.3390/w12020540.

Barredo, J.I.; de Roo, A.; Lavalle, C. Flood risk mapping at European scale. Water Sci. Technol. 2007, 56, 11–17, https://doi.org/10.2166/wst.2007.531.

Bronstert A. 2003. Floods and climate change: interactions and impacts. Risk Anal. 23:545–557, https://doi.org/10.1111/1539-6924.00335.

Cao, C.; Xu, P.; Wang, Y.; Chen, J.; Zheng, L.; Niu, C. Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas. Sustainability 2016, 8, 948, https://doi:10.3390/su8090948.

Crăciun, I. 2018. GIS tools for quantitative flood damage assessment in data-scarce environments. Teză de doctorat, Şcoala Doctorală a Facultăţii de Ştiinţa şi Ingineria Mediului.

Dang A.T.N., Kumar L. 2017. Application of remote sensing and GIS-based hydrological modelling for flood risk analysis: a case study of District 8, Ho Chi Minh City, Vietnam. Geomat. Nat Haz Risk. 8:1792–1811, https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1388853.

Didovets, I.; Krysanova, V.; Bürger, G.; Snizhko, S.; Balabukh, V.; Bronstert, A. Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. J. Hydrol. Reg. Stud. 2019, 22, 100590, https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.01.002.

Hognogi, G., Nicula, G., Cocean, G. 2011. Flash Floods in the Ilişua Basin, Volumul Conferinţei Aerul si Apa, Componente ale Mediului, Cluj-Napoca, 18-19 Martie, 2011: 465-472.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel. Cambridge Univ. Press, pp. 1132, https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/.

Jeleapov, A. 2018. Assessment of pluvial floods potential on the rivers of the Republic of Moldova. PESD, 12, 2, https://doi.org/10.2478/pesd-2018-0034.

Khosravi, K.; Nohani, E.; Maroufinia, E.; Pourghasemi, H.R.; 2016. A GIS-based flood susceptibility assessment and itsmapping in Iran: a comparison between frequency ratioand weights-of-evidence bivariate statistical modelswith multi-criteria decision-making technique. Natural Hazards, 83, 947-987, https://doi.org/10.1007/s11069-016-2357-2.

Kjeldsen T.R. 2010. Modelling the impact of urbanization on flood frequency relationships in the UK. Hydrol Res. 41:391–405, https://doi.org/10.2166/nh.2010.056.

Kuntiyawichai, K.; Sri-Amporn, W.; Wongsasri, S.; Chindaprasirt, P. 2020. Anticipating of Potential Climate and Land UseChange Impacts on Floods: A Case Study of theLower Nam Phong River Basin. Water, 12, 1158, https://doi.org/10.3390/w12041158.

Massazza, G.; Tamagnone, P.; Wilcox, C.; Belcore, E.; Pezzoli, A.; Vischel, T.; Panthou, G.; Housseini Ibrahim, M.; Tiepolo, M.; Tarchiani, V.; Rosso, M. Flood Hazard Scenarios of the Sirba River (Niger): Evaluation of the Hazard Thresholds and Flooding Areas. Water 2019, 11, 1018, https://doi.org/10.3390/w11051018.

Nones, M.; Maselli, V.; Varrani, A. 2020. Numerical Modeling of the Hydro-Morphodynamics of a Distributary Channel of the Po River Delta (Italy) during the Spring 2009 Flood Event. Geosciences, 10, 209, https://doi:10.3390/geosciences10060209.

Novelo-Casanova D.A., Rodriguez-Vangort F. 2016. Flood risk assessment. Case of study: Motozintla de Mendoza, Chiapas, Mexico. Geomat Nat Haz Risk. 7:1538–1556, https://doi.org//10.1080/19475705.2015.1089327.

Papaioannou, G.; Varlas, G.; Terti, G.; Papadopoulos, A.; Loukas, A.; Panagopoulos, Y.; Dimitriou, E. 2019. Flood Inundation Mapping at Ungauged Basins Using Coupled Hydrometeorological–Hydraulic Modelling: The Catastrophic Case of the 2006 Flash Flood in Volos City, Greece. Water, 11, 2328, https://doi.org/10.3390/w11112328.

Paprotny, D.; Morales-Nápoles, O.; Jonkman, S.N. Efficient pan-European river flood hazard modelling through a combination of statistical and physical models. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2017, 17, 1267–1283, https://doi.org/10.5194/nhess-17-1267-2017.

Pisleaga, M.; Bădăluță-Minda, C. 2016. The Flood Impact Assessment from Ilisua Catchment Area on the Environment. Procedia Engineering, 2168-2172, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.810.

Popa, M.C.; Diaconu, D.C. 2020. Flood and Flash Flood Hazard Mapping Using the Frequency Ratio, Multilayer Perceptron and Their Hybrid Ensemble. Proceedings, 48, 6, https://doi:10.3390/ECWS-4-06429.

Popa, M.C., Peptenatu, D., Drăghici, C.C., Diaconu, D.C. Flood Hazard Mapping Using the Flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzău River Catchment, Romania. Water 2019, 11, 2116, http://dx.doi.org/10.3390/w11102116.

Pradhan, B. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. J. Spat. Hydrol. 2009, 9, 1–18.

Samanta, R.K.; Bhunia, G.K.; Shit, P.K.; Pourghasemi, H.R.; 2018. Flood susceptibility mapping using geospatial frequency ratio technique: a case study of Subarnarekha River Basin, India. Modelling Earth Systems and Environment, 4, 395-408, https://doi.org/10.1007/s40808-018-0427-z.

Sarchani, S.; Seiradakis, K.; Coulibaly, P.; Tsanis, I. 2020. Flood Inundation Mapping in an Ungauged Basin. Water, 12, 1532, https://doi.org/10.3390/w12061532.

Șerban, Gh.; Hognogi, Gh.; Stoica, F. 2013. The 05.06.2012 slope flood runoff in the lower basin of Ilișua River – Causes, effects and future measures. Conference: ”Air and Water – Components of the Environment”At: Cluj-Napoca, Romania.

Şerban, Gh., Selagea, H., Máthé Emoke, Hognogi, Gh. 2010. Efecte produse de viitura din 20.06.2006 în bazinul râului Ilişua (bazinul Someşul Mare). Volumul Conferinţei „Aerul şi Apa – componente ale Mediului”, Editori Pandi, G., Moldovan, F., 19-20 Martie, UBB, Facultatea de Geografie, Cluj-Napoca, pp. 156 – 166.

Tehrany, M.S.; Kumar, L.; Jebur, M.N.; Shabani, F. Evaluating the application of the statistical index method in flood susceptibility mapping and its comparison with frequency ratio and logistic regression methods. Geomatics, Natural Hazards and Risk 2019, 10 (1), 79–101, https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1506509.

Vojtek, M.; Vojteková, J. Flood Susceptibility Mapping on a National Scale in Slovakia Using the Analytical Hierarchy Process. Water 2019, 11, 364, http://dx.doi.org/10.3390/w11020364.

Zaharia, L.; Costache, R.; Prăvălie, R.; Toroimac, G.I. 2017. Mapping flood and flooding potential indices: a methodological approach to identifying areas susceptible to flood and flooding risk. Case study: the Prahova catchment (Romania). Frontiers of Earth Sciences, 11(2): 229-247, https://doi.org/10.1007/s11707-017-0636-1.

*** INMH (1994) - Instrucţiuni metodologice pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici.

*** Planul de analiză și acoperire a riscurilor din județul Bistrița-Năsăud (2005) – Analiza riscurilor generatoare de situații de urgență.

*** Directiva 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscurilor la inundații.

*** Raport nr. II B 1350 din 25.01.2008 privind concluziile reieșite în urma verificării aspectelor sesizate de către petentă, domiciliată în Târlișua, cu referire modul de gestionare a materialelor primite ca ajutor din partea Guvernului României în vederea reconstrucției caselor afectate de inundațiile din 20.06.2006.

*** Directiva 2008/94/CE a Parlamentului European și a Consiliului din din 22 octombrie 2008 privind protecția lucrătorilor salariați în cazul insolvenței angajatorului (versiune codificată).

*** Nota conceptuală nr.3458 din 26.07.2018 privind necesitatea și oportunitatea realizării obiectului de investiție "Amenajare valea Ilișua aval confluență cu valea Strâmba, județul Bistrița-Năsăud".

https://comuna-tarlisua.webs.com/inundatiile-din-tarlisua

http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table.

https://www.bistriteanul.ro/foto-zeci-de-localitati-scapa-de-inundatii-afla-cum/.

https://www.engineeringtoolbox.com/mannings-roughness-d_799.html



UNIVERSITAS • NAPOCENSIS
ROMANIA
PRESA UNIVERSITARĂ

ISBN: 978-606-37-1089-6